

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-296127

(43)Date of publication of application : 26.10.2001

(51)Int.Cl.

G01C 17/30

G01R 33/02

(21)Application number : 2000-112643

(71)Applicant : AICHI STEEL WORKS LTD
MORI KANEO
JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY
CORP.

(22)Date of filing : 13.04.2000

(72)Inventor : MOTOKURA YOSHINOBU
YAMAMOTO MICHIHARU
MORI KANEO

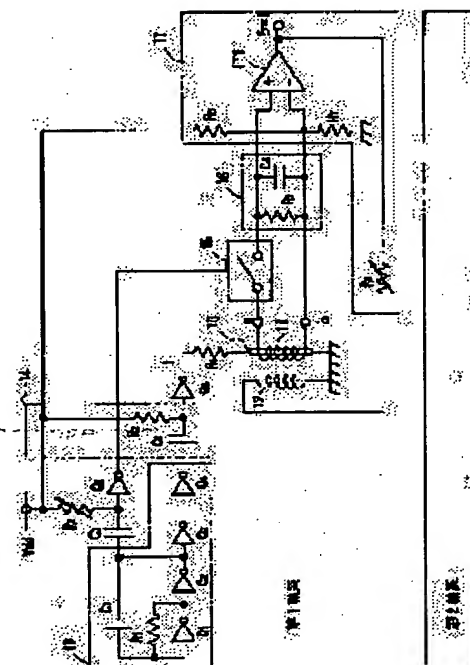
(54) MAGNETIC FIELD DETECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic field detector which has high sensitivity and is miniaturized and whose power consumption is reduced, when a magnetic field is detected.

SOLUTION: The magnetic field detector is composed of a first magnetism sensing element 10, which is arranged and installed so as to detect the first axial component of an external magnetic field and which is excited in the circumferential direction by a pulse current. The detector is composed of a second magnetism sensing element, which is arranged and installed on a face having a normal line common to a face used to arrange and install the first magnetism sensing element, arranged and installed for detecting at least the second axial component as the other one of the external magnetic field and excited in the circumferential direction by a pulse current. The detector is composed of a first detection coil 11, which is wound in the circumferential direction of the first magnetism sensing element and which detects changes in a magnetic flux in a first axial direction.

The detector is composed of a second detection coil, which is wound in the circumferential direction of the second magnetism sensing element and which detects changes in magnetic flux in a second axial direction. A magnetic field is detected by the detection coil, utilizing the direction of a magnetic vector by the excitation in the circumferential direction due to the pulse current, is modulated by the magnetic field in the axial direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st magnetosensitive element which is arranged in the magnetic field detection equipment which detects an external magnetic field in order to detect the 1st shaft component of said external magnetic field, and is excited in the circumference direction according to pulse current or the high frequency current, The 2nd magnetosensitive element which is arranged in the field in which said 1st magnetosensitive element is arranged, and the field which has a common normal, is arranged in order to detect at least other one 2nd shaft component of said external magnetic field, and is excited in the circumference direction according to pulse current and the high frequency current, Magnetic field detection equipment characterized by consisting of the 1st sensing coil which is wound in the circumference direction of said 1st magnetosensitive element, and detects magnetic-flux fluctuation of said 1st shaft orientations, and the 2nd sensing coil which is wound in the circumference direction of said 2nd magnetosensitive element, and detects magnetic-flux fluctuation of said 2nd shaft orientations.

[Claim 2] Magnetic field detection equipment according to claim 1 characterized by having further the 1st switch which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of the output of said 1st sensing coil synchronizing with said pulse current, and the 2nd switch which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of the output of said 2nd sensing coil synchronizing with said pulse current.

[Claim 3] Magnetic field detection equipment according to claim 2 characterized by having further the 2nd digital disposal circuit which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of the 1st digital disposal circuit which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of the signal which passed said 1st switch forms, and the signal which passed said 2nd switch forms.

[Claim 4] The 1st negative feedback exiting coil which generates the magnetic field which is wound in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element, and offsets the 1st shaft component of said external magnetic field according to the output signal of said 1st digital disposal circuit, The 2nd negative feedback exiting coil which generates the magnetic field which is wound in the circumference direction of the 2nd magnetosensitive element, and offsets the 2nd shaft component of said external magnetic field according to the output signal of said 2nd digital disposal circuit, The 1st negative feedback circuit energized to said 1st negative feedback exiting coil so that the output signal of said 1st digital disposal circuit may serve as zero, Magnetic field detection equipment according to claim 3 characterized by having the 2nd negative feedback circuit energized to said 2nd negative feedback exiting coil so that the output signal of said 2nd digital disposal circuit may serve as zero.

[Claim 5] Magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by having further oscillation equipment which supplies said pulse current thru/or claim 4.

[Claim 6] Said oscillation equipment is magnetic field detection equipment according to claim 5 characterized by consisting of a square wave oscillator circuit and the differential circuit which differentiates the square wave which a square wave oscillator circuit outputs, and makes a differential signal said pulse current.

[Claim 7] Said 1st shaft component of said external magnetic field pierces through said 1st magnetosensitive element, and it consists of the magnetosensitive element of a pair with which said pulse current flows. Said 1st sensing coil consists of the sensing coil of a pair wound around each

THIS PAGE BLANK (USPTO)

magnetosensitive element. It is magnetic field detection equipment according to claim 1 characterized by for said 2nd shaft component of said external magnetic field piercing through said 2nd magnetosensitive element, consisting of the magnetosensitive element of a pair with which said pulse current flows, and said 2nd sensing coil consisting of the sensing coil of a pair wound around each magnetosensitive element.

[Claim 8] Magnetic field detection equipment according to claim 7 characterized by having further the 1st switch of the pair which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of each output of the 1st sensing coil of said pair synchronizing with said pulse current, and the 2nd switch of the pair which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of each output of said 2nd sensing coil of said pair synchronizing with said pulse current.

[Claim 9] The magnetic field detection equipment according to claim 8 characterized by to have further the 2nd digital disposal circuit of the pair which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of each signal which passed the 1st digital disposal circuit of the pair which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of each signal which passed the 1st switch of said pair forms, and the 2nd switch of said pair forms.

[Claim 10] It is wound in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element of said pair, and combines with the same sense to said 1st shaft component of said external magnetic field. The 1st negative feedback exiting coil of the pair which generates the magnetic field which offsets the 1st shaft component of said external magnetic field according to the output signal of the 1st digital disposal circuit of said pair, It is wound in the circumference direction of the 2nd magnetosensitive element of said pair, and combines with the same sense to said 2nd shaft component of said external magnetic field. The 2nd negative feedback exiting coil of the pair which generates the magnetic field which offsets the 2nd shaft component of said external magnetic field according to the output signal of the 2nd digital disposal circuit of said pair, The 1st negative feedback circuit energized to the 1st negative feedback exiting coil of said pair so that the difference of the output signal of antipole nature may become mutual [which the 1st digital disposal circuit of said pair outputs] with zero, Magnetic field detection equipment according to claim 9 characterized by having the 2nd negative feedback circuit energized to said 2nd negative feedback exiting coil so that the difference of the output signal of antipole nature may become mutual [which said 2nd digital disposal circuit of said pair outputs] with zero.

[Claim 11] Magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 7 characterized by having the oscillation equipment which supplies said pulse current common to the 1st magnetosensitive element of said pair, and oscillation equipment which supplies said pulse current common to the 2nd magnetosensitive element of said pair independently or in common thru/or claim 10.

[Claim 12] Said oscillation equipment is magnetic field detection equipment according to claim 11 characterized by consisting of the differential circuit which differentiates the square wave which a square wave oscillator circuit and a square wave oscillator circuit output, and makes a differential signal said pulse current.

[Claim 13] The end of said 1st magnetosensitive element, the end of said 2nd magnetosensitive element, and the end of said negative feedback exiting coil are magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by connecting with a gland thru/or claim 6.

[Claim 14] The node of the 1st magnetosensitive element of said pair, the node of the 2nd magnetosensitive element of said pair, and the end of said negative feedback exiting coil are magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 7 characterized by connecting with a gland thru/or claim 12.

[Claim 15] The 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element are magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by having a magnetic anisotropy in the circumference direction thru/or claim 14.

[Claim 16] The 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element are magnetic field detection equipment according to claim 15 characterized by being the component which generates the skin effect to said pulse current.

[Claim 17] The 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element are magnetic field detection equipment according to claim 15 or 16 characterized by consisting of the amorphous magnetic substance.

[Claim 18] The 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element are magnetic

THIS PAGE BLANK (USPTO)

field detection equipment given in any 1 term of claim 15 characterized by being the wire which consists of the amorphous magnetic substance thru/or claim 17.

[Claim 19] Said 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element, said 1st sensing coil and said 2nd sensing coil, said 1st negative feedback exiting coil, and said 2nd negative feedback exiting coil are magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by being carried on a substrate and being identically packed by resin mold thru/or claim 18.

[Claim 20] The 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element are magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 which support energization of the both ends is carried out with the electrode formed on the substrate, and is characterized by covering the perimeter of the 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element by the gel matter including between said substrate and 1st magnetosensitive element, and said 2nd magnetosensitive element thru/or claim 19.

[Claim 21] It is magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by arranging said 1st magnetosensitive element on the surface of a substrate, and arranging said 2nd magnetosensitive element in the rear face of said substrate thru/or claim 20.

[Claim 22] Magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 which puts the 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element on the electrode which carries out support energization at both ends, puts aluminum or an aluminium alloy and is characterized by joining the 1st magnetosensitive element and said 2nd magnetosensitive element, and said electrode by carrying out an ultrasonic bonding from on a magnetosensitive element thru/or claim 21.

[Claim 23] Said electrode is magnetic field detection equipment according to claim 22 characterized by consisting of nickel, aluminum, gold, copper, silver, tin, zinc, platinum, magnesium, a rhodium, or the alloy containing these at least one sort.

[Claim 24] Said electrode is magnetic field detection equipment according to claim 23 characterized by having the layer which consists of aluminium or an aluminium alloy as a surface layer.

[Claim 25] Said magnetic field detection equipment is magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by being bearing detection equipment which detects magnetic field bearing by said detected 1st shaft magnetic field component and said 2nd shaft magnetic field component thru/or claim 24.

[Claim 26] Said 1st shaft and said 2nd shaft are magnetic field detection equipment given in any 1 term of claim 1 characterized by being the shaft which intersects perpendicularly mutually thru/or claim 25.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic field detection equipment of high sensitivity. Generally this invention can be used as the equipment which detects two components of the magnetic field vector of arbitration. It is possible to use as bearing detection equipment by detecting earth magnetism especially. It is possible to use for the equipment which detects advance bearings and the postures of a mobile, such as an automobile, as a concrete application.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the phenomenon in which the impedance of this wire changed to it a lot according to an external magnetic field component parallel to this wire when passing the high frequency current 200kHz or more on the amorphous wire of about 50 micrometers of diameters was discovered by one of the artificers of this application as a small component who detects the magnitude of a direct current or a low frequency magnetic field by high sensitivity. The sensing element which detects the magnitude of an external magnetic field using this principle itself is proposed (JP,7-181239,A).

[0003] Furthermore, the same artificer found out that change of the electrical potential difference between terminals by change of an impedance took two different external magnetic fields to the same electrical potential difference between terminals in the range of 0 - 400 A/m of an external magnetic field, and the thing for which this cannot opt uniquely the magnetic field near 0 - 400 A/m from the electrical potential difference between terminals — since — the direct-current bias magnetic field was impressed and the bearing sensor which made zero point offset was proposed (JP,7-248365,A).

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, although the magnetic field detection sensor called the so-called magnetic impedance component is proposed, there is a request of high sensitivity, a miniaturization, and low-power-izing further. Then, as this invention detects the inductance component which changes according to an external magnetic field by the new approach, it aims at offering the equipment which measures two components from which a magnetic field vector differs. Moreover, other purposes of invention are detecting two components of a magnetic field vector by high sensitivity. Moreover, other purposes of invention are raising the detection precision of two components of a magnetic field vector. Moreover, other purposes of invention are detecting two components of a magnetic field vector with a low power. Moreover, other purposes of invention are miniaturizing the detection equipment which detects two components of a magnetic field vector. Each invention indicated in this application is the purpose attained separately, and these purposes should not be understood to be those to which this invention attains all these purposes.

[0005]

[The means for solving a technical problem and the operation effectiveness of invention] The 1st magnetosensitive element which invention of claim 1 is arranged in order to detect the 1st shaft component of an external magnetic field in the magnetic field detection equipment which detects an external magnetic field, and is excited in the circumference direction according to pulse current or the high frequency current, The 2nd magnetosensitive element which is arranged in the field in which the 1st magnetosensitive element is arranged, and the field which has a common normal, is arranged in order to detect at least other one 2nd shaft component of an external magnetic field, and is excited in the circumference direction according to pulse current or the high frequency current, It is

THIS PAGE BLANK (USPTO)

characterized by consisting of the 1st sensing coil which is wound in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element, and detects magnetic-flux fluctuation of the 1st shaft orientations, and the 2nd sensing coil which is wound in the circumference direction of the 2nd magnetosensitive element, and detects magnetic-flux fluctuation of the 2nd shaft orientations.

[0006] This magnetic field detection equipment is equipment which detects two components from which a magnetic field vector differs. The 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element are linear components, are passing pulse current, and are a component excited in the circumference direction. The internal magnetic moment will change with excitation of this circumference direction according to pulse current. When making the 1st shaft component of an external magnetic field into the direction (if it is a line shaft orientations) which intersects perpendicularly in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element, when the exciting space to the circumference direction is large, this magnetic moment changes the sense in the circumference direction, and when the magnetic field to the circumference direction is small, it will turn to the direction of the 1st shaft component. That is, the magnetic moment will change in the 1st shaft orientations according to pulse current or the high frequency current. The flux reversal of the 1st shaft orientations occurs by this change, and this flux reversal is detected by the 1st sensing coil. The magnitude of flux reversal is proportional to the magnitude of the 1st shaft component of an external magnetic field. It acts like [magnetosensitive element / 2nd] the 1st magnetosensitive element. Thus, the detection value by the 1st sensing coil and the 2nd sensing coil enables it to detect the 1st shaft component of an external magnetic field, and the 2nd shaft component.

[0007] The rate of change of the output value over an external magnetic field, i.e., sensibility, is proportional to the magnitude and the frequency (rate) of excitation of the circumference direction. In this invention, since it is exciting by pulse current or the high frequency current, the highest frequency of excitation can be high and sensibility can be raised.

[0008] Moreover, since it is not necessary to make the direct-current bias magnetic field which makes the zero point of a magnetosensitive element offset impress and the problem of generation of heat with a mutual interference and the bias coil of a bias magnetic field is small according to this approach when it applies to magnetic field detection equipment especially, it is not necessary to enlarge distance between magnetosensitive elements, and a miniaturization can be realized.

[0009] Moreover, since change of the magnetic flux which received the modulation with the sensing coil in the external magnetic field is detected, it is also possible to raise sensibility by increasing the number of turns of a sensing coil.

[0010] It is arranged in the different direction from the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element, and the magnetic field component of this direction is detected. A magnetosensitive element is good to have the magnetic anisotropy desirably magnetized easily in the circumference direction. It is high and this enables it to raise detection sensitivity of the modulation effectiveness of the detection flux reversal by the external magnetic field. The amorphous magnetic substance is in such an ingredient. Desirably, the linear magnetic substance is good.

[0011] Although the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element should just be arranged in the different direction, they are most desirably arranged in the direction which intersects perpendicularly mutually. It becomes possible to detect the 1st shaft component and the 2nd shaft component with the most sufficient sensibility in this condition. It becomes detectable [the magnitude of a magnetic field, and/or bearing of a magnetic field] from these two detected components. The 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element do not necessarily need to be arranged in the same flat surface. For example, it may be arranged in the plane front face and rear face of a substrate. It becomes possible to miniaturize equipment by this arrangement. In addition, since pulse current contains the high frequency component, it is also the concept included in a kind of high frequency current. Moreover, impressing [only for example one period] mist and the periodic signal impressed repeatedly are sufficient as pulse current or the high frequency current.

[0012] Invention of claim 2 is characterized by having further the 1st switch which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of the output of the 1st sensing coil synchronizing with pulse current, and the 2nd switch which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of the output of the 2nd sensing coil synchronizing with pulse current. By this configuration, the 1st pulse which synchronized with pulse current can be made into the detection value of a magnetic field

THIS PAGE BLANK (USPTO)

component. In the magnetic field detection using the above-mentioned principle, the peak value of the 1st pulse of a detecting signal is proportional to an external magnetic field. Therefore, high detection of the precision which is not influenced of a noise is attained by taking this configuration. [0013] Invention of claim 3 is characterized by having further the 2nd digital disposal circuit which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of the 1st digital disposal circuit which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of the signal which passed the 1st switch forms, and the signal which passed the 2nd switch forms. The peak value of the signal which passed the 1st switch is proportional to the 1st shaft component of an external magnetic field. Therefore, in holding this peak value, for example or supplying pulse current repeatedly, it becomes possible to make the signals (an envelope signal, an integral signal, the signal over which the low pass filter was covered, graduated signal) which the peak value by which a repeat output is carried out forms into the detection value of the 1st shaft component. Although a direct-current magnetic field or an alternating current magnetic field is sufficient as an external magnetic field, in the case of an alternating current magnetic field, the alternating current magnetic field of a frequency lower enough than the repeat frequency of pulse current becomes with the measuring object. That is, it is also possible to measure an alternating current magnetic field continuously in time in macro.

[0014] The 1st negative feedback exiting coil which generates the magnetic field which invention of claim 4 is wound in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element, and offsets the 1st shaft component of an external magnetic field according to the output signal of the 1st digital disposal circuit. The 2nd negative feedback exiting coil which generates the magnetic field which is wound in the circumference direction of the 2nd magnetosensitive element, and offsets the 2nd shaft component of an external magnetic field according to the output signal of the 2nd digital disposal circuit. It is characterized by having the 1st negative feedback circuit energized to the 1st negative feedback exiting coil so that the output signal of the 1st digital disposal circuit may serve as zero, and the 2nd negative feedback circuit energized to the 2nd negative feedback exiting coil so that the output signal of the 2nd digital disposal circuit may serve as zero.

[0015] In the measurement based on this principle, the zero point of linearity of an external magnetic field is the best. Therefore, it energizes to the 1st negative feedback exiting coil so that the 1st shaft component in the 1st magnetosensitive element may serve as zero. This amount of negative feedback energization will be large, so that the 1st shaft component of an external magnetic field is large. Therefore, it is possible to make this amount of negative feedback energization into the detection value of the 1st shaft component. Thus, since the linearity between an external magnetic field and a detection value can be highly held by measuring the 1st shaft component in the 1st magnetosensitive element in the condition of having considered as zero, the accuracy of measurement improves. The relation between the 2nd magnetosensitive element and the 2nd shaft component is the same as the relation between the 1st magnetosensitive element and the 1st shaft component.

[0016] Invention of claim 5 is characterized by having further oscillation equipment which supplies pulse current. By supplying electric power to the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element in pulse current, a frequency can be made as high as possible and detection sensitivity can be raised. In addition, this oscillation equipment may be separately supplied independently, even if it supplies pulse current in common to the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element. If it communalizes, a manufacturing cost will become cheap and it will become possible to miniaturize equipment.

[0017] Oscillation equipment differentiates the square wave which a square wave oscillator circuit and a square wave oscillator circuit output, and invention of claim 6 is characterized by consisting of the differential circuit which makes a differential signal pulse current. This configuration enables it to realize high-sensitivity-izing and low-power-ization.

[0018] In addition, although invention of claims 1-6 naturally does not constitute the circuit system mentioned later from the thing and pair which were constituted from a pair, it is invention including both.

[0019] In the magnetic field detection equipment of claim 1, as for invention of claim 7, the 1st shaft component of an external magnetic field pierces through the 1st magnetosensitive element. Consist of the magnetosensitive element of a pair with which pulse current flows, and the 1st sensing coil

THIS PAGE BLANK (USPTO)

consists of the sensing coil of a pair wound around each magnetosensitive element. It is characterized by for the 2nd shaft component of an external magnetic field piercing through the 2nd magnetosensitive element, consisting of the magnetosensitive element of a pair with which pulse current flows, and the 2nd sensing coil consisting of the sensing coil of a pair wound around each magnetosensitive element.

[0020] The 1st magnetosensitive element and the 1st sensing coil are characterized by preparing a pair, the 2nd magnetosensitive element, and one pair of 2nd sensing coil. By the detection system of each axial component, it becomes possible to remove the inphase disturbance impressed in common by taking the circuitry of a pair by two system of measurement, such as control of the drift by factors, such as removal of a dc component, removal of common mode noise, and temperature fluctuation, and it becomes possible to raise detection precision. The detecting signal which the 1st sensing coil and the 2nd sensing coil output determines the polarity (joint relation with external magnetic flux) of two sensing coils, respectively so that it may be outputted by opposition. And if the difference of these two detecting signals is taken, a twice as many signal as each detecting signal is acquired, and inphase components, such as common mode noise, can be removed.

[0021] Invention of claim 8 is characterized by having further the 1st switch of the pair which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of each output of the 1st sensing coil of a pair synchronizing with pulse current, and the 2nd switch of the pair which passes only the 1st pulse which appears in the beginning of each output of the 2nd sensing coil of a pair synchronizing with pulse current in invention of claim 7. Where inphase disturbance is removed, the operation effectiveness of invention of claim 7 can be attained. Therefore, it becomes possible to realize improvement in detection sensitivity and detection precision.

[0022] Invention of claim 9 is characterized by to have further the 2nd digital disposal circuit of the pair which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of each signal which passed the 1st digital disposal circuit of the pair which outputs the signal which the peak value or the peak value by which a repeat output is carried out of each signal which passed the 1st switch of a pair forms, and the 2nd switch of a pair forms in invention of claim 8. Where inphase disturbance is removed, the operation effectiveness of invention of claim 8 can be attained. Therefore, it becomes possible to realize improvement in detection sensitivity and detection precision.

[0023] Invention of claim 10 is wound in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element of a pair in invention of claim 9. The 1st negative feedback exiting coil of the pair which generates the magnetic field which combines with the same sense to the 1st shaft component of an external magnetic field, and offsets the 1st shaft component of an external magnetic field according to the output signal of the 1st digital disposal circuit of a pair, The 2nd negative feedback exiting coil of the pair which generates the magnetic field which is wound in the circumference direction of the 2nd magnetosensitive element of a pair, combines with the same sense to the 2nd shaft component of an external magnetic field, and offsets the 2nd shaft component of an external magnetic field according to the output signal of the 2nd digital disposal circuit of a pair, The 1st negative feedback circuit energized to the 1st negative feedback exiting coil of a pair so that the difference of the output signal of antipole nature may become mutual [which the 1st digital disposal circuit of a pair outputs] with zero. It is characterized by having the 2nd negative feedback circuit energized to the 2nd negative feedback exiting coil so that the difference of the output signal of antipole nature may become mutual [which the 2nd digital disposal circuit of a pair outputs] with zero.

[0024] The difference of the output signal of antipole nature means the sum of the output of each 1st digital disposal circuit about the detecting signal proportional to an external magnetic field in mutual [which the 1st digital disposal circuit of a pair outputs]. Therefore, that a current is passed by the 1st negative feedback exiting coil of a pair means that a current flows so that an external magnetic field may be eliminated so that the output of each 1st digital disposal circuit of a pair may serve as zero, so that this sum may serve as zero. Therefore, invention of this claim serves as having carried out series connection of the 1st magnetosensitive element of a pair, having carried out series connection of the 1st sensing coil of a pair about the detecting signal proportional to an external magnetic field, and having carried out series connection of the 1st negative feedback exiting coil of a pair, and equivalence. The same is said of the 2nd magnetosensitive element, the 2nd sensing coil, and the 2nd negative feedback exiting coil.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0025] On the other hand, the in-phase components (common mode noise, drift, dc component, etc.) contained in a detecting signal are eliminated from taking a difference. This configuration can attain the operation effectiveness of invention of claim 9, where inphase disturbance is removed. Therefore, the linearity of an output value and a detection magnetic field is good, and since disturbance is eliminated, it becomes possible to raise detection precision extremely.

[0026] Invention of claim 11 is characterized by having the oscillation equipment which supplies pulse current common to the 1st magnetosensitive element of a pair, and oscillation equipment which supplies pulse current common to the 2nd magnetosensitive element of a pair independently or in common in invention [which / of claim 7 thru/or claim 10]. When it communalizes, it becomes possible to realize reduction of the manufacturing cost of equipment, and the miniaturization of equipment.

[0027] In invention of claim 11, oscillation equipment differentiates the square wave which a square wave oscillator circuit and a square wave oscillator circuit output, and invention of claim 12 is characterized by consisting of the differential circuit which makes a differential signal pulse current. Thereby, high-sensitivity-izing and low-power-ization can be attained.

[0028] Invention of claim 13 is characterized by connecting the end of the 1st magnetosensitive element, the end of the 2nd magnetosensitive element, and the end of a negative feedback exiting coil to a gland in invention [which / of claim 1 thru/or claim 6]. The number of external terminals can be decreased and connection with the external circuit of detection equipment becomes easy and simple.

[0029] Invention of claim 14 is characterized by connecting the node of the 1st magnetosensitive element of a pair, the node of the 2nd magnetosensitive element of a pair, and the end of a negative feedback exiting coil to a gland in invention [which / of claim 7 thru/or claim 12]. The number of external terminals can be decreased and connection with the external circuit of detection equipment becomes easy and simple.

[0030] Invention of claim 15 is characterized by the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element having a magnetic anisotropy in the circumference direction in invention [which / of claim 1 thru/or claim 14]. By having a magnetic anisotropy in the circumference direction, it becomes possible to raise the detection sensitivity of an external magnetic field.

[0031] Invention of claim 16 is characterized by the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element being components which generate the skin effect to pulse current in invention of claim 15. By generating the skin effect, as a result of a current's being restrained by the front face, the magnetization modulation by the pulse current by the external magnetic field can be enlarged more, and detection sensitivity can be raised.

[0032] Invention of claim 17 is characterized by the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element consisting of the amorphous magnetic substance in claim 15 or invention of 16. It becomes possible to enlarge a magnetic anisotropy to which the permeability of the circumference direction becomes larger than the permeability of shaft orientations by this configuration.

[0033] Invention of claim 18 is characterized by the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element being wires which consist of the amorphous magnetic substance in claim 15 or invention of 17. It becomes possible to enlarge a magnetic anisotropy to which the permeability of the circumference direction becomes larger than the permeability of shaft orientations by this configuration.

[0034] Invention of claim 19 is characterized by carrying the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element, the 1st sensing coil and the 2nd sensing coil, the 1st negative feedback exiting coil, and the 2nd negative feedback exiting coil on a substrate, and packing them identically by resin mold in invention [which / of claim 1 thru/or claim 18]. It can be components-ized by this configuration, being able to use only the sensor section as an individual component, and the arrangement to the circuit board becomes easy. Moreover, at the time of failure, in order for what is necessary to be to exchange only this individual component, maintenance of equipment with this individual component becomes easy.

[0035] Support energization of the both ends is carried out with the electrode with which the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element were formed on the substrate in invention [which / of claim 1 thru/or claim 19], and, as for invention of claim 20, the perimeter of

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element characterized by being covered by the gel matter including between a substrate, the 1st magnetosensitive element, and the 2nd magnetosensitive element. The distortion from the outside can be prevented from adding the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element with the gel matter. In the case of the amorphous magnetic substance, the fall of the detection precision by distortion poses a problem especially, but it is prevented by covering the surroundings by the gel matter to this appearance that distortion starts a magnetosensitive element. When resin mold is carried out especially, the stress generated in the cooling process of resin will be applied to a magnetosensitive element, but since the gel matter absorbs this distortion, it can prevent starting a magnetosensitive element. The gel matter means what the sol solidified in the shape of a jelly. For example, generally silicone gel, silica gel, an elastomer, gelatin, etc. can use gels, such as a hydrogel, RIOGERU, and elastic gel. In short, what is necessary is just the matter which absorbs elasticity.

[0036] It is characterized by arranging the 1st magnetosensitive element for invention of claim 21 on the surface of a substrate in invention [which / of claim 1 thru/or claim 20], and arranging the 2nd magnetosensitive element in the rear face of a substrate. Thus, by arranging the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element on the front reverse side of a substrate, it becomes possible to miniaturize equipment. Moreover, since the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element can be made to cross and the measuring point of the 1st shaft component of an external magnetic field and the 2nd shaft component can be made to approach, it becomes possible to measure two components of an exact external magnetic field.

[0037] In invention [which / of claim 1 thru/or claim 21], invention of claim 22 puts the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element on the electrode which carries out support energization at both ends, puts aluminum or an aluminium alloy from on a magnetosensitive element, is carrying out an ultrasonic bonding and is characterized by joining the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element, and an electrode. Since crystallization will take place if it heats when a magnetosensitive element is the amorphous magnetic substance, heating junction can be performed and is weak to nothing and distortion. Therefore, it is desirable to join a magnetosensitive element to an electrode by the ultrasonic bonding. When carrying out an ultrasonic bonding, it is prevented that place aluminum or an aluminium alloy on a magnetosensitive element, this aluminum or aluminium alloy carries out buffer action by pressurizing with an ultrasonic tool, and distortion is impressed to a magnetosensitive element. Moreover, the oxide film formed on the surface of the magnetosensitive element exfoliates with a supersonic wave, and is incorporated by aluminum or the aluminium alloy. Consequently, the mechanical junction and electric junction to aluminum or an aluminium alloy, and a magnetosensitive element are performed good.

[0038] Invention of claim 23 is characterized by an electrode consisting of nickel, aluminum, gold, copper, silver, tin, zinc, platinum, magnesium, a rhodium, or the alloy containing these at least one sort in invention of claim 22. By using an electrode as these ingredients, the firm junction by the ultrasonic bonding with a magnetosensitive element is attained.

[0039] It is characterized by invention of claim 24 having the layer which an electrode becomes from aluminium or an aluminium alloy as a surface layer in invention of claim 23. By this configuration, junction nature with the aluminium or the aluminium alloy placed on a magnetosensitive element is good, and becomes possible [joining a magnetosensitive element to an electrode firmly].

[0040] Invention of claim 25 is characterized by being bearing detection equipment which detects magnetic field bearing in invention [which / of claim 1 thru/or claim 24] by the 1st shaft magnetic field component and the 2nd shaft magnetic field component of which magnetic field detection equipment was detected. Bearing detection is attained from the 1st shaft magnetic field component and the 2nd shaft magnetic field component. That is, if the 1st shaft and the 2nd shaft are taken to a horizontal plane, bearing in a horizontal plane will become detectable.

[0041] Invention of claim 26 is characterized by the 1st shaft and the 2nd shaft being shafts which intersect perpendicularly mutually in invention [which / of claim 1 thru/or claim 25]. By this configuration, since bearings where the 1st shaft magnetic field component or the 2nd shaft magnetic field component takes maximum differ 90 degrees mutually, its bearing detection precision improves.

[0042]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, this invention is explained based on the gestalt of operation.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

The basal principle of the magnetic field detection by this invention is explained. Drawing 1 is drawing having shown the principle. Current I is passed in the direction of the 1st shaft (x axis) to the 1st linear magnetosensitive element 10. Then, it is a magnetic field H_r to the circumference direction by this current. It is generated. This magnetic field H_r Magnetic-moment M of the 1st magnetosensitive element 10 arranges the sense in the circumference direction. It is a magnetic field H_r that this current I is alternating current of a frequency ω . It will vibrate on a frequency ω and magnetic-moment M will also vibrate on a frequency ω . External magnetic field H_x of an alternating current sufficiently lower than a direct current or a frequency ω where such alternating current I is energized Suppose that it was impressed by the 1st shaft orientations. Then, the magnetization vector M is the external magnetic field H_x . Inclining in the sense, the magnetization vector M will have the component which vibrates to the 1st shaft orientations. Thus, the magnetization vector M will rotate to the 1st shaft orientations synchronizing with alternating current I , consequently it is the 1st shaft component B_x of flux density. It will change in time. This flux density B_x The amplitude is the external magnetic field H_x . It is proportional to magnitude. This flux density B_x Time amount rate of change is a frequency ω and flux density B_x . It is proportional to the product of the amplitude and is the electrical potential difference E_1 between terminals of the 1st sensing coil 11. It is detected. Therefore, electrical potential difference E_1 between this terminal External magnetic field H_x of the 1st shaft orientations It can determine.

[0043] Electrical potential difference E_1 between terminals The frequency ω and the external magnetic field H_x of Current I Since it is proportional to a product, detection sensitivity can be made high by enlarging a frequency ω . In this invention, supply current I is made into pulse current desirably for this reason. Of course, you may be alternating current. Even if it is pulse current, it is understood easily that the above-mentioned principle is materialized. Moreover, if a frequency ω is made high, as a result of a current's flowing only on the surface of a magnetosensitive element according to the skin effect, migration of a magnetic domain wall is controlled and the phenomenon which produced and described only rotation of a magnetic vector above becomes remarkable. Also in this semantics, it is desirable to use the pulse current which has a high frequency component. Thus, the high frequency current of a concept including pulse current besides pulse current is sufficient as the current to impress. Moreover, the current of only a single period may be impressed or you may make it impress the current of a repeat period.

[0044] Thus, if pulse current is supplied to a magnetosensitive element, it will become possible by detecting this peak value, although the electrical potential difference E_1 between terminals of a sensing coil also serves as pulse shape to detect an external magnetic field. In addition, in fact, since an inductance component and stray capacity exist in the 1st sensing coil, a detecting signal serves as an oscillatory wave form to pulse current. Therefore, it is desirable to extract only the 1st pulse of the detecting signals and to measure a magnetic field from the amplitude.

[0045] As mentioned above, if ac energisation of the invention in this application is carried out along the circumference direction of the shaft when a magnetic field component exists in the 1st shaft orientations, the phenomenon which produces the alternating current flux density of the same frequency as ac energisation in the 1st shaft orientations in the amplitude proportional to the magnetic field component will be used for it.

[0046] In this invention, the 1st magnetosensitive element has especially desirably the desirable amorphous wire extended to the 1st shaft orientations at the line. the amorphous magnetic substance — for example, CoSiB A system and FeCoSiB A system and FeSiB a system — the magnetic substance, such as these alloys, can be used.

[0047] As shown in drawing 2, the 2nd magnetosensitive element of the same configuration as such the 1st magnetosensitive element 10 and the 1st sensing coil 11 is arranged in the different direction of the 2nd shaft (y-axis) from the 1st shaft. Pulse current I is similarly supplied to the 2nd magnetosensitive element 40, and it is the electrical potential difference E_2 between terminals of the 2nd sensing coil 41. By measuring, it is the 2nd shaft magnetic field component H_y . It can measure. When the angle which these two shafts constitute is set to α , the 1st shaft of the external magnetic field H and the angle θ to accomplish are expressed with a degree type.

[0048]

[Equation 1]

$\theta = \tan^{-1} [(E_2/E_1 - \cos\alpha) / \sin\alpha] \quad (1)$

THIS PAGE BLANK (USP 10)

Moreover, the magnitude of the external magnetic field H is called for by degree type.

[Equation 2]

$$H = H_1 / \cos \theta \quad (2)$$

[0049] They are 90 degrees, then [Equation 3] about the include angle α of the 1st shaft and the 2nd shaft to accomplish.

$$\theta = \tan^{-1} (E_2/E_1) \quad (3)$$

[Equation 4]

$$H = (E_1^2 + E_2^2)^{1/2} \quad (4)$$

[0050] Signal E_1 which passes pulse current I as mentioned above, and the 1st sensing coil 11 outputs about the 1st shaft magnetic field component Amplitude E_0 of the 1st pulse External magnetic field H_x . It is related, and if it measures, it will become like drawing 3.

[0051] If concrete circuitry is shown [rather than] about the 1st shaft magnetic field component detection system, it will become like drawing 4. The 1st sensing coil 11 is wound in the circumference direction of the 1st magnetosensitive element 10. The 1st magnetosensitive element 10 consists of the linear zero magnetostriction amorphous magnetic substance. If a concrete dimension is shown, it will be 30 micrometers in the length of 3mm, and diameter. Moreover, although the number of turns of the 1st sensing coil is one example, it is 40t. An oscillator 13 oscillates a square wave. A C-MOS multivibrator can more specifically be used for an oscillator 13. It differentiates in a differential circuit 14 and this square wave is resistance R_4 . It minds and is impressed by the 1st magnetosensitive element 10. Resistance R_4 is resistance for supplying constant current. Pulse current I is supplied to the 1st magnetosensitive element 10 by such circuit. Build up time of pulse current is about 5ns.

[0052] The end a of the 1st sensing coil 10 is connected to the 1st switch 15. More specifically, the 1st switch 15 can use as an example the analog switch which consists of a transistor. Next, the signal which passed the 1st switch 15 is inputted into the 1st digital disposal circuit 16. this 1st digital disposal circuit 16 — as an example — capacitor C_4 Resistance R_5 from — it can constitute from a peak hold circuit which changes. The peak of the pulse signal repeatedly detected by this 1st digital disposal circuit 16 is held. If the amount proportional to a peak besides a peak hold circuit in this way is detected when repeating and supplying pulse current and repeating and detecting a pulse signal, it is possible to use an integrating circuit, a smoothing circuit, etc.

[0053] The 1st sensing coil 10 has an inductance and stray capacity, and an inductance and stray capacity exist also in other tracks. Therefore, not only the single pulse that answered pulse current but the oscillatory wave form following it will be included in the signal which the 1st sensing coil 10 detects. For this reason, in order to extract only the component which answered pulse current, the 1st switch 15 is formed. Moreover, in order to take phase simulation to the timing to which the detecting signal of the 1st sensing coil 10 is outputted, and the timing from which the 1st switch 15 serves as ON completely, pulse current I supplied to the 1st magnetosensitive element 10 is delayed for about 10ns to the control signal of the 1st switch 15. What is necessary is in short, to answer pulse current, and just to impress a control signal to the 1st switch 15 so that only the period which passes only the signal component correctly proportional to an external magnetic field may be set to ON.

[0054] The output signal of the 1st digital disposal circuit 16 is inputted into the 1st negative feedback circuit 17. The other end child b of the 1st sensing coil 10 is connected to the inversed input terminal of the differential amplifier 171, and the signal terminal of the 1st digital disposal circuit 16 is connected to the non-inversed input terminal of the differential amplifier 171. And the output terminal of the differential amplifier 171 is connected to the 1st negative feedback exiting coil 12. By this configuration, a current will flow to the 1st negative feedback exiting coil 12 so that the electrical potential difference between input terminals of the differential amplifier 171 may serve as zero. That is, if the external magnetic field which pierces through the 1st magnetosensitive element 10 is zero, since the detecting signal of the 1st sensing coil 11 will also serve as zero, the 1st negative feedback exiting coil carries out the operation which negates after all the external magnetic field which should be measured. In the property of Fig. 3, in the condition of not applying negative feedback, supposing the detecting signal of an A point is outputted, a current required to make this A point into a zero will flow to the 1st negative feedback exiting coil 12. Since this negative feedback current is proportional to the magnitude of the external magnetic field in an A point, it serves as a signal proportional to the

THIS PAGE BLANK (USPTO)

magnitude of the magnetic field which should measure the output signal of the differential amplifier 171. Thus, by making point of measurement into near [in the characteristic curve of drawing 3] a zero, the magnetic field measurement with more sufficient linearity is attained.

[0055] Such a circuit is similarly prepared about the 2nd shaft magnetic field component detection system. Circuitry is completely the same. In addition, the oscillation equipment which consists of the square wave oscillator circuit 13 and a differential circuit 14 is good, even if it prepares independently the 1st shaft magnetic field component detection system and it is common. That is, you may make it supply the pulse current supplied to the 1st magnetosensitive element and the 2nd magnetosensitive element, and the signal which controls the 1st switch and the 2nd switch from a common circuit.

[0056] Next, the detection equipment which raised detection precision more is explained by removing one pair of common mode noise etc. using the 1st magnetosensitive element, the 1st sensing coil, the 1st digital disposal circuit, the 1st negative feedback circuit, the 1st negative feedback exiting coil, etc. The 1st shaft magnetic field component detection system is explained. The 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair is electrically arranged at juxtaposition so that the 1st shaft magnetic field component may penetrate like shaft orientations. A parallel arrangement or serial arrangement which is mentioned later is sufficient as structural arrangement. Namely, it is desirable to the shaft orientations of the 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair for the same 1st shaft magnetic field component to have penetrated, and it should just be approaching them in location by parallel arrangement.

[0057] As shown in drawing 5, the node d of the 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair is connected to the gland, and pulse current is supplied from each other end e and f. Series connection is carried out, a common negative feedback current flows, and the 1st negative feedback exiting coils 12a and 12b of a pair function as making the internal magnetic field of the 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair into zero. Namely, each 1st negative feedback exiting coil 12a and 12b is rolled in the direction which negates an external magnetic field. The sensing coils 11a and 11b of a pair are wound around the perimeter of each 1st magnetosensitive element 10a and 10b. And the 1st switch 15a and 15b is connected to one terminal of each sensing coils 11a and 11b so that the polarity of the signal which passes 1st switch 15a, and the polarity of the signal which passes 1st switch 15b may become opposite. That is, the circuit is arranged so that the sense of the electromotive force E_{a1} and E_{a2} by the 1st sensing coil 11a and 11b may turn into sense shown in drawing 5. The output signal G_{a1} of 1st digital-disposal-circuit 16a inputted into the inversed input terminal of the differential amplifier 171, and the output signal G_{b1} has inputted into the non-inversed input terminal of 1st digital-disposal-circuit 16b. Therefore, this differential amplifier 171 supplies a negative feedback current to the 1st negative feedback exiting coils 12a and 12b of a pair so that $G_{b1} - G_{a1} = E_{b1} - (-E_{a1}) = E_{b1} + E_{a1}$ may serve as zero. Therefore, a negative feedback current will be supplied to the 1st negative feedback exiting coils 12a and 12b so that each of the detecting signals E_{a1} and E_{b2} of each 1st sensing coil 10a and 10b may serve as zero. Therefore, since an external magnetic field can be measured near the zero of the characteristic curve of drawing 3 like the case where it mentions above, linearity is good and detection precision improves.

[0058] The inphase component contained in two signals inputted into the differential amplifier 171 on the other hand is offset. Consequently, the inphase component contained in a detecting signal does not affect a negative feedback current. An inphase component is a drift component accompanying a noise and a temperature change etc. Therefore, since such inphase disturbance is removed and measured, detection precision improves.

[0059] It is constituted by the 2nd shaft magnetic field component detection system as well as [completely] the 1st shaft magnetic field component detection system. As shown in drawing 5, oscillation equipment 18 may be formed in common to the 1st sensing coil 10a and 10b of a pair, and may be further formed in common by the 1st shafting and the 2nd shafting. Of course, by the 1st shafting and the 2nd shafting, it may prepare independently or each of the 1st or 2nd sensing coil of a pair may be supplied separately.

[0060] Next, the structural configuration of magnetic field detection equipment is explained. As shown in drawing 6, 1st magnetosensitive element 10a is arranged on substrate 30a. On substrate 30a, Electrodes 31a and 32a are arranged, support energization of the both ends is carried out on it, and 1st magnetosensitive element 10a is made and arranged. This 1st magnetosensitive element 10a is joined by the ultrasonic bonding using Aluminum 33a and 34a to Electrodes 31a and 32a.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0061] The approach of forming the piece component 100 of an individual is shown in drawing 6 hereafter is explained in full detail. First, copper is vapor-deposited on the front face of the substrate which consists of the plate-like ceramics, PCB resin, or silicon. Insulation of a substrate is desirable and the electrode formation section at least needs to be insulated. And through a photograph RIFUGURAFI process, it etches so that it may leave Electrodes 31a and 32a. Thus, the substrate which can arrange much magnetosensitive element 10a is obtained. Next, plate 33a which consists of aluminum or an aluminium alloy is arranged from on the, it pressurizes with the bonding tool 90 from a top, supersonic vibration is generated, and it is made to join, as magnetosensitive element 10a is arranged on electrode 31a on a substrate, and 32a and it is shown in drawing 7. At this time, each of plate 33a, 1st magnetosensitive element 10a, and electrode 31a is connected mutually. Then, junction of 1st magnetosensitive element 10a to one electrode is completed by cutting plate 33a. Thus, on one substrate, many magnetosensitive elements are arranged one by one, and ultrasonic jointing is performed. Next, it dissociates in the shape of [as shows this substrate to drawing 6] a rectangle.

[0062] If the ingredient of electrode 31a has conductivity with the ingredient in which magnetosensitive element 10a and ultrasonic jointing are possible, it is good anything. For example, nickel, aluminum, gold, copper, silver, tin, zinc, platinum, magnesium, a rhodium, or the alloy containing these at least one sort is desirable. Moreover, as shown in drawing 7, layer 311a which consists of aluminum or an aluminium alloy may be formed in the front face of electrode 31a. Formation of this layer 3 can be formed by placing aluminum or an aluminium alloy plate on electrode 31a, magnetosensitive-element 10a Placing on it, placing plate 33a which consists of aluminum or an aluminium alloy further, and performing an ultrasonic bonding. That is, mechanical junction and electric contact can be made perfect because the ingredient which sandwiches magnetosensitive element 10a from the upper and lower sides considers as aluminum or an aluminium alloy. Furthermore, after vapor-depositing or plating aluminum or an aluminium alloy on electrode 31a, you may make it make it join. In addition, Electrodes 31a and 32a serve as a land of wirebonding for carrying out electrical connection to the wiring film and lead pin which are mentioned later.

[0063] It is because a soldered joint according [the reason using an ultrasonic bonding] to heating as a magnetosensitive element the amorphous magnetic substance and since the amorphous wire is used especially cannot be used since crystallization takes place. Moreover, the front face has oxidized and a soldered joint cannot do the amorphous magnetic substance. As a wax of an ultrasonic bonding, when aluminum or an aluminium alloy was used, it was discovered for the first time by this invention person that mechanical junction becomes firm and electric contact becomes good. The scaling film of an amorphous-wire exfoliates by supersonic vibration, combines with the aluminum which is a reduction element, and is easily incorporated by the aluminum plate. It is thought that electric contact and mechanical junction become good according to this device. Moreover, what the impulse force at the time of contact of the bonding tool 90 transmits to magnetosensitive element 10a directly is prevented by preparing plate 33a which consists of aluminum or its alloy on magnetosensitive element 10a which consists of an amorphous wire. That is, plate 33a carries out buffer action, and making magnetosensitive element 10a generate a stress-strain diagram at the time of an ultrasonic bonding is prevented.

[0064] Next, in the piece component 100 of an individual shown in drawing 6, the perimeter of 1st magnetosensitive element 10a is covered by gel matter 35a (drawing 6, drawing 10 illustration). That is, between 1st magnetosensitive element 10a and substrate 30a and the up space of 1st magnetosensitive element 10a are covered by the gel matter. The reason for a wrap is making it not make the interior of 1st magnetosensitive element 10a generate stress by this gel matter, as 1st magnetosensitive element 10a's is not impressed to stress by 1st magnetosensitive element 10a. Since 1st magnetosensitive element 10a consists of AMORUSUFASU wires, a magnetic property tends to be influenced of distortion. This stress is generated by contraction in case resin hardens, when carrying out mold shaping so that it may mention later. This stress is absorbed by gel matter 35a, and is not impressed to 1st magnetosensitive element 10a. Detection precision can be raised by doing in this way. Although silicone gel was used for gel matter 35a, elastic gels, such as silica gel, an elastomer, and gelatin, can be used.

[0065] Next, to the piece component 100 of an individual shown in drawing 6, as shown in drawing 10, the piece component 100 of an individual is inserted in the central space of bobbin 80a where 1st sensing coil 11a and 1st negative feedback exiting coil 12a were rolled, and HOBIN 80a and substrate

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10a are joined. Next, bobbin 80a which was inherent in this piece component 100 of an individual is joined to the plate-like ceramics substrate 81, as shown in drawing 9. Similarly the piece component of an individual is inserted in the central space of bobbin 80b where 1st sensing coil 11b and 1st negative feedback exiting coil 12b were rolled, bobbin 80b and substrate 10b are joined, and this bobbin 80b is joined to the ceramic substrate 81. At this time, it arranges so that the 1st magnetosensitive element 10a and 10b may become parallel to the direction of the 1st shaft (x axis). In addition, the bobbin of a coil — twisting — what is necessary is just to wind 1st sensing coil 11a, the 2nd negative feedback sensing coil, and 2 around coincidence. That is, manufacture becomes easy by winding around coincidence in the same direction. Of course, you may wind in the same direction or the different direction separately. It is the problem of whether to make the ejection terminal of a detecting signal reverse whether it winds around the same direction or hard flow, and the winding direction is arbitrary.

[0066] The piece component of an individual is similarly formed about the 2nd magnetosensitive element 40a and 40b of a pair shown in drawing 5, and the bobbins 84a and 84b (drawing 10) of a pair around which the 2nd sensing coil 41a and 41b of a pair and the 2nd negative feedback exiting coils 42a and 42b of a pair were wound are formed. And the bobbins 84a and 84b which were inherent in the piece component of an individual are fixed to the ceramics substrate 82. At this time, the 2nd magnetosensitive element 40a and 40b of a pair is arranged so that it may become parallel to the 1st shaft and the 2nd shaft (y-axis) which intersects perpendicularly.

[0067] On the ceramics substrate 81, as shown in drawing 8, the wiring film 81 is vapor-deposited and electrical connection with the 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair, the 1st sensing coil 11a and 11b of a pair, and the 1st negative feedback exiting coils 12a and 12b of a pair has accomplished by wirebonding or soldered joint. Moreover, electrical installation of each wiring film 81 of the ceramics substrate 81 and each lead pin 93 is performed by the soldered joint by the through hole, wire BONDE young people, etc. The lead pin 93 consists of a total of two pins which supply pulse current to the 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair, four pins which output each detecting signal from the 1st sensing coil 11a and 11b of a pair, one pin which supplies a current to the 1st negative feedback exiting coils 12a and 12b of a pair, and eight pins of a grand pin. Thus, since the node of the 1st magnetosensitive element 10a and 10b of a pair and the end of the series connection of 1st negative feedback exiting coil 12a and 1st negative feedback exiting coil 12b are made into the gland, the number of pins can be decreased. The same is completely said of the 2nd detection system.

[0068] Like drawing 8 and drawing 9, after assembling, resin mold shaping is performed. And the mold 95 of drawing 9 is formed, the frame of a leadframe is cut, and the detection equipment which carried out the configuration of mold IC like drawing 9 is manufactured by carrying out bending of the lead pin 93.

[0069] As mentioned above, although the gestalt of implementation of invention was shown, modifications various otherwise can be considered. You may be the same field although the 1st shaft magnetic field component detection equipment and the 2nd shaft magnetic field component detection equipment have been arranged at the front face and rear face of a substrate, respectively. Moreover, although the magnetosensitive element of a pair is arranged in parallel, you may arrange on a straight line. Moreover, when it has arranged on the front reverse side of a substrate, it is arranged in the shape of a "+" typeface, but when it has arranged to the same field, "T" typeface-like etc. arrangement can be considered. Furthermore, although the detection equipment of the compensation mold which has the magnetosensitive element of a pair about mold shaping was described, mold shaping may constitute detection equipment also about the detection equipment which is not the compensation mold shown in drawing 4. Moreover, other PAKEJINGU approach besides mold may be used. Moreover, although only the sensor section which consists of a magnetosensitive element, a sensing coil, and a negative feedback exiting coil is carrying out mold shaping, the circuit section shown in drawing 4 and drawing 5 is further considered as IC chip, mold shaping of both the sensor section and the IC chip is carried out, and it is good also considering the whole detection equipment as mold IC. If other PAKEJINGU approaches are used similarly, it is also possible to use the whole detection equipment as a discrete IC component.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The explanatory view having shown the principle of this invention.

[Drawing 2] The explanatory view having shown the principle of the bearing detection by this invention.

[Drawing 3] The property Fig. having shown the relation of the external magnetic field and detecting signal which are detected by this invention.

[Drawing 4] The circuit diagram of the magnetic field detection equipment in which 1 operation gestalt of this invention was shown.

[Drawing 5] The circuit diagram having shown the magnetic field detection equipment of the compensation mold of other operation gestalten of this invention.

[Drawing 6] Structural drawing having shown the structure of the piece component of an individual where the magnetosensitive element was carried.

[Drawing 7] The sectional view having shown a part for the joint of a magnetosensitive element and an electrode.

[Drawing 8] The top view having shown signs that detection equipment was assembled.

[Drawing 9] The side elevation having shown signs that detection equipment was assembled.

[Drawing 10] The perspective view having shown signs that detection equipment was assembled.

[Description of Notations]

10 — Magnetosensitive element

10a, 10b — The 1st magnetosensitive element

11 — The 1st sensing coil

12 — The 1st negative feedback exiting coil

13 — Square wave oscillator

14 — Differential circuit

15 — The 1st switch

16 — The 1st digital disposal circuit

17 — The 1st negative feedback circuit

30a — Substrate

31a, 32a — Electrode

33a, 34a — Plate

35a — Gel matter

40 — The 2nd magnetosensitive element

40a, 40b — The 2nd magnetosensitive element

41a, 41b — The 2nd sensing coil

42a, 42b — The 2nd negative feedback exiting coil

95 — Mold

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

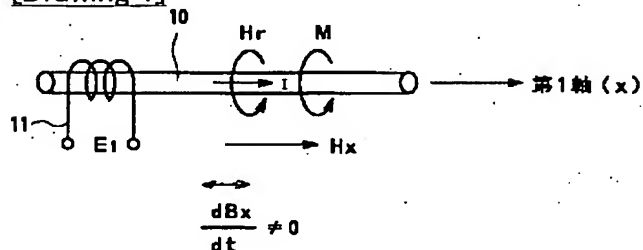
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

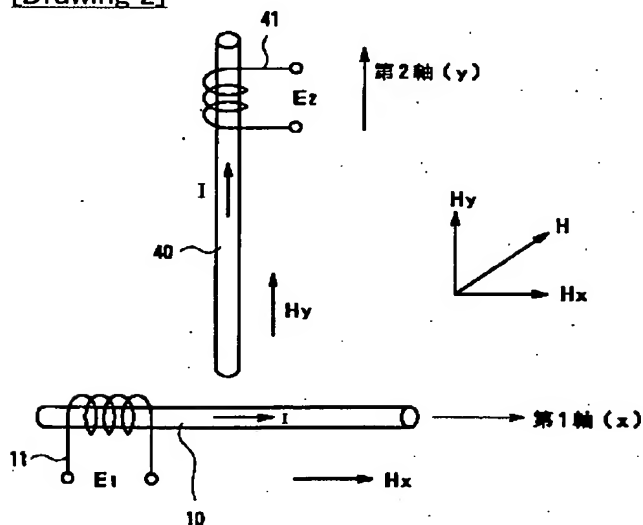
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

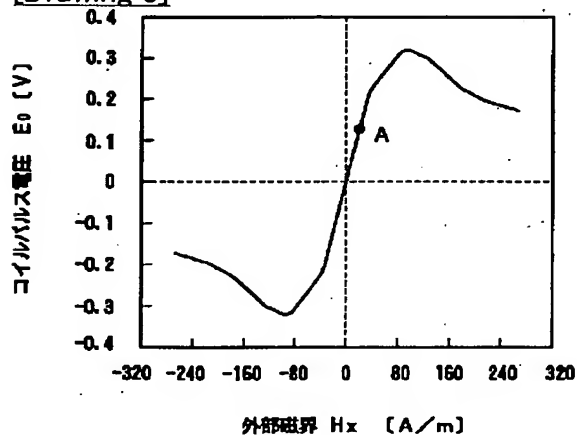
[Drawing 1]



[Drawing 2]

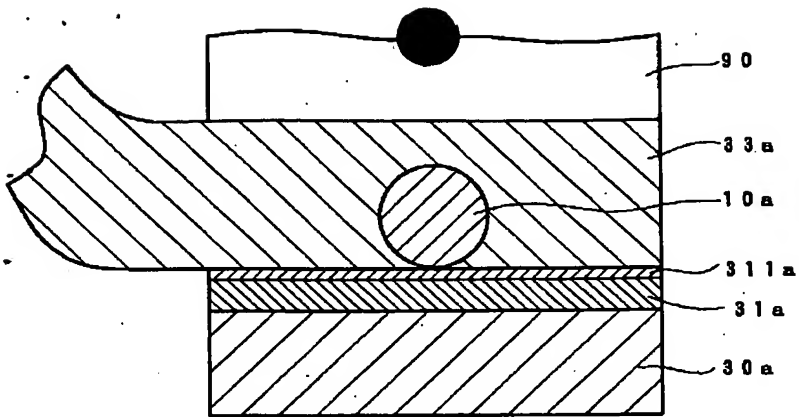


[Drawing 3]

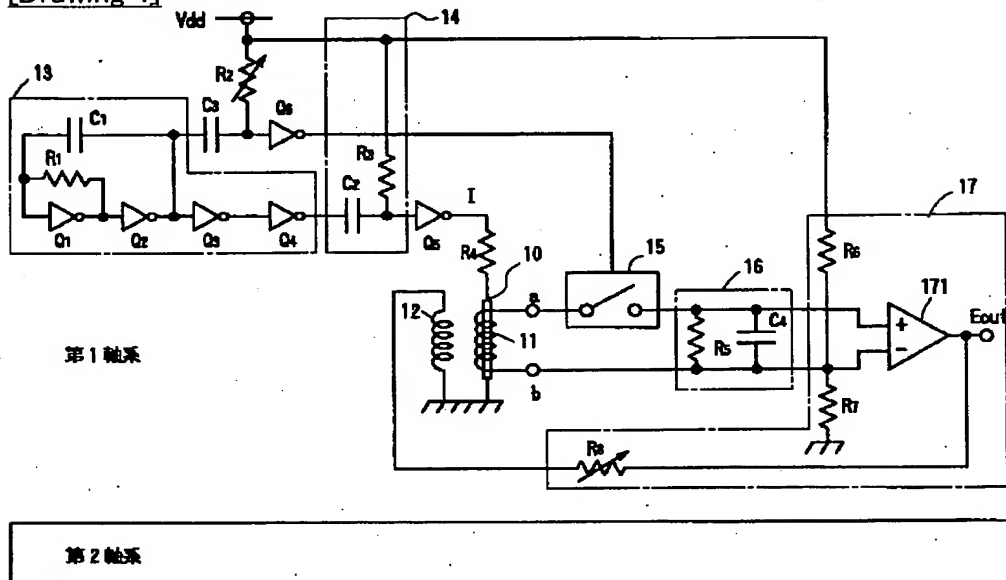


[Drawing 7]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



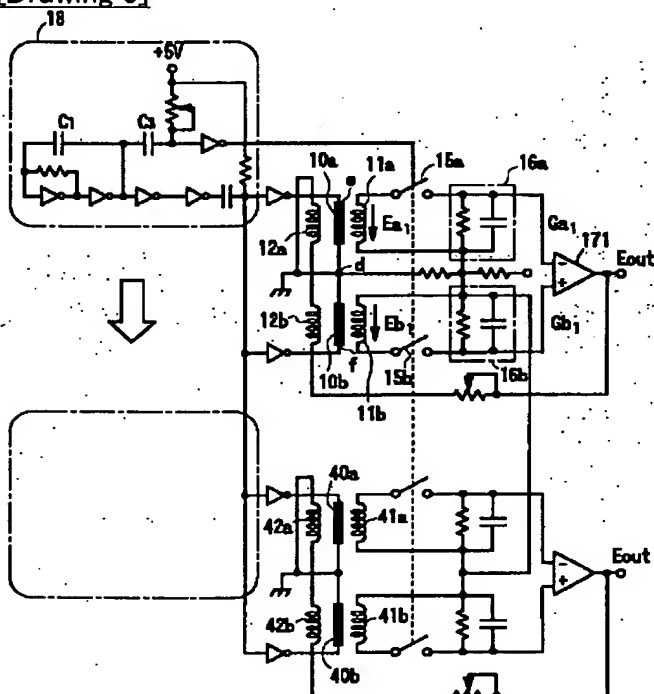
[Drawing 4]



第1軸系

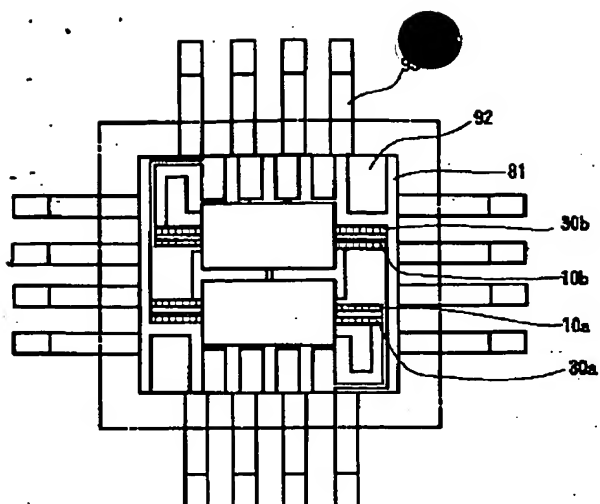
第2軸系

[Drawing 5]

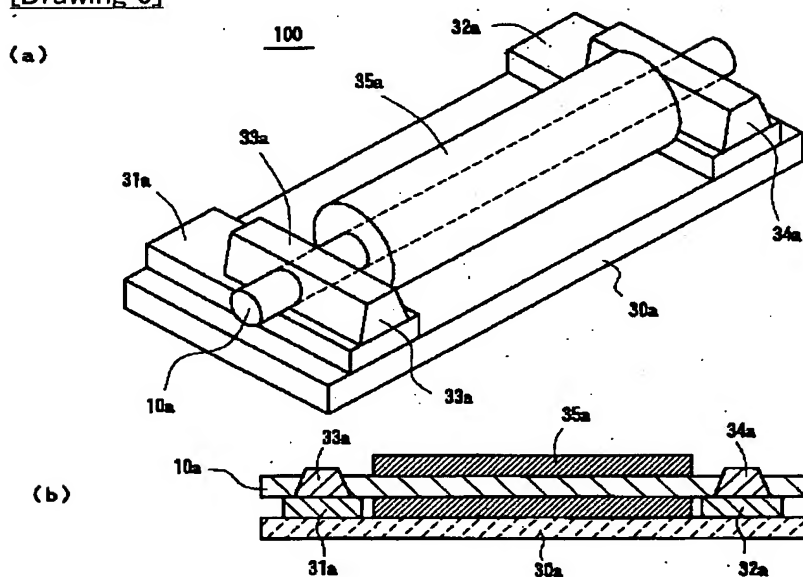


[Drawing 8]

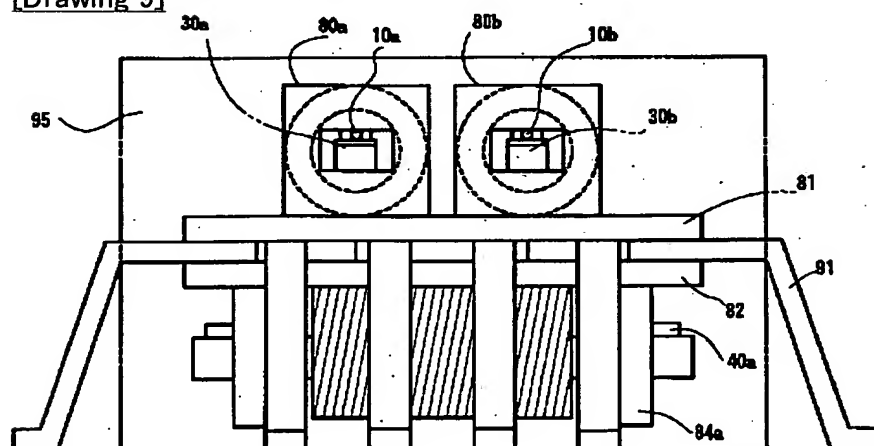
THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Drawing 6]

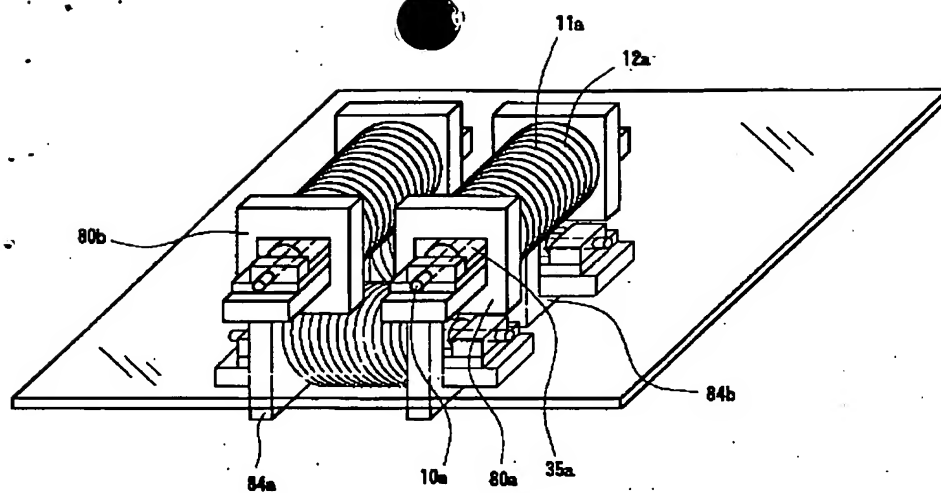


[Drawing 9]



[Drawing 10]

THIS PAGE BLANK (USPTO)



[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-296127
(P2001-296127A)

(43)公開日 平成13年10月26日(2001.10.26)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマート*(参考)

G 0 1 C 17/30

G 0 1 C 17/30

A 2 G 0 1 7

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

Q

審査請求 未請求 請求項の数26 OL (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-112643(P2000-112643)

(22)出願日 平成12年4月13日(2000.4.13)

(71)出願人 000116655

愛知製鋼株式会社

愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地

(71)出願人 000244383

毛利 佳年雄

愛知県名古屋市天白区島田黒石1213番地

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(74)代理人 100087723

弁理士 藤谷 修

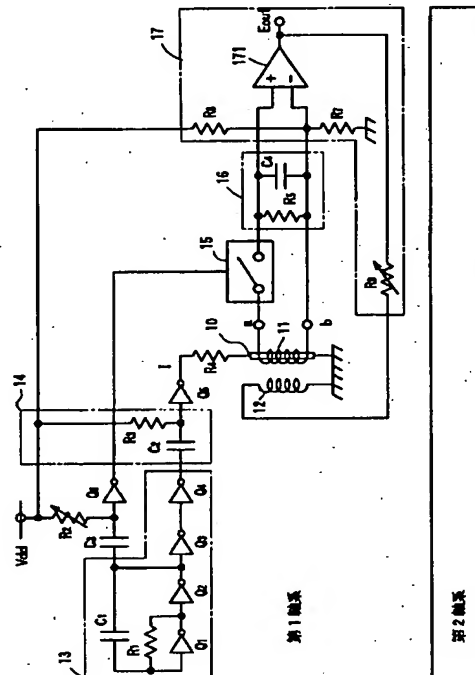
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁場検出装置

(57)【要約】

【課題】磁場検出において、高感度、小型化、低消費電力化を図る。

【解決手段】外部磁場の第1軸成分を検出するために配設されパルス電流により周回方向に励磁される第1感磁素子10と、第1感磁素子が配設される面と共通法線を有する面に配設され外部磁場の少なくとも他の1つの第2軸成分を検出するために配設されパルス電流により周回方向に励磁される第2感磁素子と、第1感磁素子の周回方向に巻回され前記第1軸方向の磁束変動を検出する第1検出コイル11と、第2感磁素子の周回方向に巻回され第2軸方向の磁束変動を検出する第2検出コイルとら成る磁場検出装置。パルス電流による周回方向の励磁による磁気ベクトルの向きが軸方向の磁場により変調を受けることを利用して検出コイルで磁場を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】外部磁場を検出する磁場検出装置において、
前記外部磁場の第 1 軸成分を検出するために配設され、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁される第 1 感磁素子と、
前記第 1 感磁素子が配設される面と共通法線を有する面に配設され、前記外部磁場の少なくとも他の 1 つの第 2 軸成分を検出するために配設され、パルス電流及び高周波電流により周回方向に励磁される第 2 感磁素子と、
前記第 1 感磁素子の周回方向に巻回され、前記第 1 軸方向の磁束変動を検出する第 1 検出コイルと、
前記第 2 感磁素子の周回方向に巻回され、前記第 2 軸方向の磁束変動を検出する第 2 検出コイルとから成ることを特徴とする磁場検出装置。

【請求項 2】前記パルス電流に同期して前記第 1 検出コイルの出力の最初に現れる第 1 パルスのみを通過させる第 1 スイッチと、
前記パルス電流に同期して前記第 2 検出コイルの出力の最初に現れる第 1 パルスのみを通過させる第 2 スイッチとをさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の磁場検出装置。

【請求項 3】前記第 1 スイッチを通過した信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する第 1 信号処理回路と、
前記第 2 スイッチを通過した信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する第 2 信号処理回路とをさらに有することを特徴とする請求項 2 に記載の磁場検出装置。

【請求項 4】第 1 感磁素子の周回方向に巻回され、前記第 1 信号処理回路の出力信号に応じて、前記外部磁場の第 1 軸成分を相殺する磁場を生成する第 1 負帰還励磁コイルと、
第 2 感磁素子の周回方向に巻回され、前記第 2 信号処理回路の出力信号に応じて、前記外部磁場の第 2 軸成分を相殺する磁場を生成する第 2 負帰還励磁コイルと、
前記第 1 信号処理回路の出力信号が零となるように前記第 1 負帰還励磁コイルに通電する第 1 負帰還回路と、
前記第 2 信号処理回路の出力信号が零となるように前記第 2 負帰還励磁コイルに通電する第 2 負帰還回路とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の磁場検出装置。

【請求項 5】前記パルス電流を供給する発振装置をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 6】前記発振装置は、矩形波発振回路と、矩形波発振回路の出力する矩形波を微分し微分信号を前記パルス電流とする微分回路とから成ることを特徴とする請求項 5 に記載の磁場検出装置。

【請求項 7】前記第 1 感磁素子は前記外部磁場の前記第 1 軸成分が貫き、前記パルス電流が流れる一対の感磁素

子から成り、前記第 1 検出コイルはそれぞれの感磁素子に巻回された一対の検出コイルから成り、

前記第 2 感磁素子は前記外部磁場の前記第 2 軸成分が貫き、前記パルス電流が流れる一対の感磁素子から成り、
前記第 2 検出コイルはそれぞれの感磁素子に巻回された一対の検出コイルから成ることを特徴とする請求項 1 に記載の磁場検出装置。

【請求項 8】前記パルス電流に同期して前記一対の第 1 検出コイルのそれぞれの出力の最初に現れる第 1 パルスのみを通過させる一対の第 1 スイッチと、
前記パルス電流に同期して前記一対の前記第 2 検出コイルのそれぞれの出力の最初に現れる第 1 パルスのみを通過させる一対の第 2 スイッチとをさらに有することを特徴とする請求項 7 に記載の磁場検出装置。

【請求項 9】前記一対の第 1 スイッチを通過したそれぞれの信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する一対の第 1 信号処理回路と、
前記一対の第 2 スイッチを通過したそれぞれの信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する一対の第 2 信号処理回路とをさらに有することを特徴とする請求項 8 に記載の磁場検出装置。

【請求項 10】前記一対の第 1 感磁素子の周回方向に巻回され、前記外部磁場の前記第 1 軸成分に対して同一向きに結合し、前記一対の第 1 信号処理回路の出力信号に応じて、前記外部磁場の第 1 軸成分を相殺する磁場を生成する一対の第 1 負帰還励磁コイルと、
前記一対の第 2 感磁素子の周回方向に巻回され、前記外部磁場の前記第 2 軸成分に対して同一向きに結合し、前記一対の第 2 信号処理回路の出力信号に応じて、前記外部磁場の第 2 軸成分を相殺する磁場を生成する一対の第 2 負帰還励磁コイルと、
前記一対の第 1 信号処理回路の出力する相互に反対極性の出力信号の差が零となるように前記一対の第 1 負帰還励磁コイルに通電する第 1 負帰還回路と、
前記一対の前記第 2 信号処理回路の出力する相互に反対極性の出力信号の差が零となるように前記第 2 負帰還励磁コイルに通電する第 2 負帰還回路とを有することを特徴とする請求項 9 に記載の磁場検出装置。

【請求項 11】前記一対の第 1 感磁素子に共通に前記パルス電流を供給する発振装置と、前記一対の第 2 感磁素子に共通に前記パルス電流を供給する発振装置とを、独立に又は共通に有することを特徴とする請求項 7 乃至請求項 10 の何れか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 12】前記発振装置は、矩形波発振回路と矩形波発振回路の出力する矩形波を微分し、微分信号を前記パルス電流とする微分回路とから成ることを特徴とする請求項 11 に記載の磁場検出装置。

【請求項 13】前記第 1 感磁素子の一端、前記第 2 感磁素子の一端、及び前記負帰還励磁コイルの一端はグラウンドに接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求

項6の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項14】前記一对の第1感磁素子の接続点、前記一对の第2感磁素子の接続点、及び前記負帰還励磁コイルの一端はグラウンドに接続されていることを特徴とする請求項7乃至請求項12の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項15】第1感磁素子及び前記第2感磁素子は、周回方向に磁気異方性を有することを特徴とする請求項1乃至請求項14の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項16】第1感磁素子及び前記第2感磁素子は、前記パルス電流に対して表皮効果を生ずる素子であることを特徴とする請求項15に記載の磁場検出装置。

【請求項17】第1感磁素子及び前記第2感磁素子は、アモルファス磁性体からなることを特徴とする請求項15又は請求項16に記載の磁場検出装置。

【請求項18】第1感磁素子及び前記第2感磁素子は、アモルファス磁性体からなるワイヤであることを特徴とする請求項15乃至請求項17の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項19】前記第1感磁素子及び前記第2感磁素子、前記第1検出コイル及び前記第2検出コイル、前記第1負帰還励磁コイル及び前記第2負帰還励磁コイルは、基板上に搭載されて、樹脂モールドで同一にパッケージされていることを特徴とする請求項1乃至請求項18の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項20】第1感磁素子及び前記第2感磁素子は基板上に形成された電極で両端が支持通電され、前記基板と第1感磁素子及び前記第2感磁素子との間を含み、第1感磁素子及び前記第2感磁素子の周囲がゲル状物質で覆われていることを特徴とする請求項1乃至請求項19の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項21】前記第1感磁素子は基板の表面に配設され、前記第2感磁素子は前記基板の裏面に配設されていることを特徴とする請求項1乃至請求項20の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項22】第1感磁素子及び前記第2感磁素子を、両端で支持通電する電極に置いて、感磁素子の上からアルミニウム又はアルミニウム合金を被せて、超音波ボンディングすることで、第1感磁素子及び前記第2感磁素子と前記電極とを接合することを特徴とする請求項1乃至請求項21の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項23】前記電極は、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、錫、亜鉛、白金、マグネシウム、ロジウム、又は、これらの少なくとも1種を含む合金から成ることを特徴とする請求項22に記載の磁場検出装置。

【請求項24】前記電極は、表面層として、アミニウム又はアルミニウム合金からなる層を有することを特徴とする請求項23に記載の磁場検出装置。

【請求項25】前記磁場検出装置は、検出された前記第1軸磁場成分及び前記第2軸磁場成分とにより、磁場方

位を検出する方位検出装置であることを特徴とする請求項1乃至請求項24の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項26】前記第1軸及び前記第2軸は、相互に直交する軸であることを特徴とする請求項1乃至請求項25の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高感度の磁場検出装置に関する。本発明は、一般的には、任意の磁場ベクトルの2成分を検出する装置とすることができる。特に、地磁気を検出することで、方位検出装置として用いることが可能である。具体的な応用例としては、自動車等の移動体の進行方位や姿勢を検出する装置に用いることが可能である。

【0002】

【従来の技術】従来、直流又は低周波磁場の大きさを高感度で検出する小型素子として、本件出願の発明者の一人により、径50 μ m程度のアモルファスワイヤに、200KHz以上の高周波電流を流す時、このワイヤに平行な外部磁場成分に応じて、このワイヤのインピーダンスが大きく変化する現象を発見した。この原理を用いた外部磁場の大きさそのものを検出する検出素子が提案されている（特開平7-181239号）。

【0003】さらに、同一発明者は、インピーダンスの変化による端子間電圧の変化が、外部磁場の0~400A/mの範囲で、同一の端子間電圧に対して2つの異なる外部磁場を取ることを見出した。そして、このことが、0~400A/m付近の磁場を端子間電圧から一意的に決定できないことから、直流バイアス磁場を印加して、0点をオフセットさせた方位センサを提案した（特開平7-248365号）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このようにいわゆる磁気インピーダンス素子と呼ばれる磁場検出センサが提案されているが、さらに高感度、小型化、低消費電力化の要請がある。そこで、本発明は、外部磁場に応じて変化するインダクタンス成分を新規な方法により検出するようにして、磁場ベクトルの異なる2成分を測定する装置を提供することを目的とする。又、発明の他の目的は、磁場ベクトルの2成分の検出を高感度で行うことである。又、発明の他の目的は、磁場ベクトルの2成分の検出精度を向上させることである。又、発明の他の目的は、磁場ベクトルの2成分の検出を低消費電力で行うことである。又、発明の他の目的は、磁場ベクトルの2成分を検出する検出装置を小型化することである。これらの目的は、本出願において開示されたそれぞれの発明が個々に達成する目的であって、本件発明がこれらの目的の全てを達成するものと理解されるべきではない。

【0005】

【課題を解決するための手段及び発明の作用効果】請求項1の発明は、外部磁場を検出する磁場検出装置において、外部磁場の第1軸成分を検出するために配設され、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁される第1感磁素子と、第1感磁素子が配設される面と共通法線を有する面に配設され、外部磁場の少なくとも他の1つの第2軸成分を検出するために配設され、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁される第2感磁素子と、第1感磁素子の周回方向に巻回され、第1軸方向の磁束変動を検出する第1検出コイルと、第2感磁素子の周回方向に巻回され、第2軸方向の磁束変動を検出する第2検出コイルとから成ることを特徴とする。

【0006】本磁場検出装置は、磁場ベクトルの異なる2成分を検出する装置である。第1感磁素子、第2感磁素子は、例えば、線状の素子であって、パルス電流を流すことで、周回方向に励磁される素子である。この周回方向の励磁により内部の磁気モーメントがパルス電流に応じて変化することになる。外部磁場の第1軸成分を第1感磁素子の周回方向に直交する方向（線状であれば軸方向）とする時、この磁気モーメントは、周回方向への励磁場が大きい時には、周回方向に向きを変え、周回方向への磁場が小さい時には、第1軸成分の方向を向くことになる。即ち、磁気モーメントが第1軸方向において、パルス電流又は高周波電流に応じて変化することになる。この変化により第1軸方向の磁束変化が発生し、この磁束変化が第1検出コイルで検出される。磁束変化の大きさは、外部磁場の第1軸成分の大きさに比例する。第2感磁素子についても第1感磁素子と同様に作用する。このようにして、第1検出コイルと第2検出コイルによる検出値によって、外部磁場の第1軸成分、第2軸成分を検出することが可能となる。

【0007】外部磁場に対する出力値の変化率、即ち、感度は、周回方向の励磁の大きさと周波数（速度）に比例する。本件発明では、パルス電流又は高周波電流で励磁しているので、励磁の最高周波数が高く、感度を向上させることができる。

【0008】又、特に、磁場検出装置に適用した場合には、この方法によると、感磁素子の零点をオフセットさせる直流バイアス磁場を印加させる必要がないことから、バイアス磁場の互いの干渉やバイアスコイルによる発熱の問題が小さいため、感磁素子間の距離を大きくする必要がなく、小型化を実現することができる。

【0009】又、検出コイルにより外部磁場で変調を受けた磁束の変化を検出していることから、検出コイルの巻数を増加することで感度を向上させることも可能である。

【0010】第1感磁素子と第2感磁素子とは、異なる方向に配置されており、この方向の磁場成分を検出するものである。感磁素子は、望ましくは、周回方向に容易に磁化される磁気異方性を有するのが良い。このことに

より、外部磁場による検出磁束変化の変調効果が高く、検出感度を向上させることが可能となる。このような材料にアモルファス磁性体がある。望ましくは、線状の磁性体が良い。

【0011】第1感磁素子と第2感磁素子とは異なる方向に配置されていれば良いが、最も望ましくは、相互に直交する方向に配設されていることである。この状態の時に、第1軸成分と第2軸成分とを最も感度良く検出することが可能となる。この2つの検出された成分から磁場の大きさ、及び／又は、磁場の方位の検出が可能となる。第1感磁素子と第2感磁素子とは、必ずしも、同一平面に配設されている必要はない。例えば、平面状の基板の表面と裏面に配設されていても良い。この配置により装置を小型化することが可能となる。尚、パルス電流は高周波成分を含んでいるので、一種の高周波電流に含まれる概念でもある。又、パルス電流や高周波電流は、例えば、1周期だけ印加されるのもや、繰り返して印加される周期信号でも良い。

【0012】請求項2の発明は、パルス電流に同期して第1検出コイルの出力の最初に現れる第1パルスのみを通過させる第1スイッチと、パルス電流に同期して第2検出コイルの出力の最初に現れる第1パルスのみを通過させる第2スイッチとをさらに有することを特徴とする。この構成により、パルス電流に同期した第1パルスを磁場成分の検出値とすることができる。上記の原理を利用した磁場検出では、検出信号の第1パルスの波高値が外部磁場に比例している。よって、この構成をとることで、ノイズの影響を受けることがない精度の高い検出が可能となる。

【0013】請求項3の発明は、第1スイッチを通過した信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する第1信号処理回路と、第2スイッチを通過した信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する第2信号処理回路とをさらに有することを特徴とする。第1スイッチを通過した信号のピーク値が外部磁場の第1軸成分に比例している。よって、このピーク値を、例えば、ホールドしたり、繰り返してパルス電流を供給する場合には、繰り返し出力されるピーク値が形成する信号（包絡線信号、積分信号、ローパスフィルタをかけた信号、平滑化された信号等）を第1軸成分の検出値とすることが可能となる。外部磁場は、直流磁場でも交流磁場でも良いが、交流磁場の場合には、パルス電流の繰り返し周波数よりも十分に低い周波数の交流磁場が測定対象となる。即ち、交流磁場をマクロ的には時間的に連続して測定することも可能である。

【0014】請求項4の発明は、第1感磁素子の周回方向に巻回され、第1信号処理回路の出力信号に応じて、外部磁場の第1軸成分を相殺する磁場を生成する第1帰還励磁コイルと、第2感磁素子の周回方向に巻回さ

れ、第2信号処理回路の出力信号に応じて、外部磁場の第2軸成分を相殺する磁場を生成する第2負帰還励磁コイルと、第1信号処理回路の出力信号が零となるように第1負帰還励磁コイルに通電する第1負帰還回路と、第2信号処理回路の出力信号が零となるように第2負帰還励磁コイルに通電する第2負帰還回路とを有することを特徴とする。

【0015】この原理に基づく測定では、外部磁場の零点が最も直線性が良い。従って、第1感磁素子における第1軸成分が零となるように、第1負帰還励磁コイルに通電する。この負帰還通電量は、外部磁場の第1軸成分が大きい程、大きいことになる。従って、この負帰還通電量を第1軸成分の検出値とすることが可能である。このように第1感磁素子における第1軸成分を零とした状態で測定することで、外部磁場と検出値との間の線型性を高く保持することができるので、測定精度が向上する。第2感磁素子と第2軸成分との関係は、第1感磁素子と第1軸成分との関係と同一である。

【0016】請求項5の発明は、パルス電流を供給する発振装置をさらに有することを特徴とする。第1感磁素子、第2感磁素子にパルス電流を給電することで、周波数を可能な限り高くすることができ、検出感度を向上させることができる。尚、この発振装置は、第1感磁素子と第2感磁素子に対して共通にパルス電流を供給するものであっても、独立して別々に供給するものであっても良い。共通化すれば、製造コストが安価となり、装置を小型化することが可能となる。

【0017】請求項6の発明は、発振装置は、矩形波発振回路と矩形波発振回路の出力する矩形波を微分し、微分信号をパルス電流とする微分回路とから成ることを特徴とする。この構成により、高感度化と低消費電力化を実現することが可能となる。

【0018】尚、請求項1～6の発明は、当然に、後述する回路系を対で構成したもの、対で構成していないものの両者を含む発明である。

【0019】請求項7の発明は、請求項1の磁場検出装置において、第1感磁素子は外部磁場の第1軸成分が貫き、パルス電流が流れる一対の感磁素子から成り、第1検出コイルはそれぞれの感磁素子に巻回された一対の検出コイルから成り、第2感磁素子は外部磁場の第2軸成分が貫き、パルス電流が流れる一対の感磁素子から成り、第2検出コイルはそれぞれの感磁素子に巻回された一対の検出コイルから成ることを特徴とする。

【0020】第1感磁素子、第1検出コイルが一対、第2感磁素子、第2検出コイルが一対設けられていることを特徴とする。各軸成分の検出系で、一対の回路構成をとることで、直流成分の除去、同相雑音の除去、温度変動等の要因によるドリフトの抑制等、2つの測定系で共通に印加される同相外乱を除去することが可能となり、検出精度を向上させることが可能となる。第1検出コ

ルと第2検出コイルの出力する検出信号が、それぞれ、逆相で出力されるように、2つの検出コイルの極性（外部磁束との結合関係）を決定する。そして、この2つの検出信号の差をとれば、各検出信号の2倍の信号が得られ、同相雑音等の同相成分は除去することができる。

【0021】請求項8の発明は、請求項7の発明において、パルス電流に同期して一対の第1検出コイルのそれぞれの出力の最初に現れる第1パルスのみを通過させる一対の第1スイッチと、パルス電流に同期して一対の第2検出コイルのそれぞれの出力の最初に現れる第1パルスのみを通過させる一対の第2スイッチとをさらに有することを特徴とする。同相外乱を除去した状態で、請求項7の発明の作用効果を達成することができる。よって、検出感度及び検出精度の向上を実現することが可能となる。

【0022】請求項9の発明は、請求項8の発明において、一対の第1スイッチを通過したそれぞれの信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する一対の第1信号処理回路と、一対の第2スイッチを通過したそれぞれの信号のピーク値又は繰り返し出力されるピーク値が形成する信号を出力する一対の第2信号処理回路とをさらに有することを特徴とする。同相外乱を除去した状態で、請求項8の発明の作用効果を達成することができる。よって、検出感度及び検出精度の向上を実現することが可能となる。

【0023】請求項10の発明は、請求項9の発明において、一対の第1感磁素子の周回方向に巻回され、外部磁場の第1軸成分に対して同一向きに結合し、一対の第1信号処理回路の出力信号に応じて、外部磁場の第1軸成分を相殺する磁場を生成する一対の第1負帰還励磁コイルと、一対の第2感磁素子の周回方向に巻回され、外部磁場の第2軸成分に対して同一向きに結合し、一対の第2信号処理回路の出力信号に応じて、外部磁場の第2軸成分を相殺する磁場を生成する一対の第2負帰還励磁コイルと、一対の第1信号処理回路の出力する相互に反対極性の出力信号の差が零となるように一対の第1負帰還励磁コイルに通電する第1負帰還回路と、一対の第2信号処理回路の出力する相互に反対極性の出力信号の差が零となるように第2負帰還励磁コイルに通電する第2負帰還回路とを有することを特徴とする。

【0024】一対の第1信号処理回路の出力する相互に反対極性の出力信号の差は、外部磁場に比例した検出信号に関してはそれぞれの第1信号処理回路の出力の和を意味する。従って、この和が零となるように、一対の第1負帰還励磁コイルに電流が流れることは、一対のそれぞれの第1信号処理回路の出力が零となるように、外部磁場を消去するように電流が流れることを意味する。従って、本請求項の発明は、外部磁場に比例した検出信号に関しては、一対の第1感磁素子を直列接続し、一対の第1検出コイルを直列接続し、一対の第1負帰還励磁

コイルを直列接続したのと等価となる。第2感磁素子、第2検出コイル、第2負帰還励磁コイルについても同様である。

【0025】これに対して、検出信号に含まれる同相成分（同相雑音、ドリフト、直流成分等）は、差をとることから、消去される。この構成により、同相外乱を除去した状態で、請求項9の発明の作用効果を達成することができる。よって、出力値と検出磁場との直線性が良く、且つ、外乱が排除されているため、検出精度を極めて向上させることが可能となる。

【0026】請求項11の発明は、請求項7乃至請求項10の何れかの発明において、一对の第1感磁素子に共通にパルス電流を供給する発振装置と、一对の第2感磁素子に共通にパルス電流を供給する発振装置とを、独立に又は共通に有することを特徴とする。共通化した場合には、装置の製造コストの低減と装置の小型化を実現することが可能となる。

【0027】請求項12の発明は、請求項11の発明において、発振装置は、矩形波発振回路と矩形波発振回路の出力する矩形波を微分し、微分信号をパルス電流とする微分回路とから成ることを特徴とする。これにより高感度化と低消費電力化を図ることが出来る。

【0028】請求項13の発明は、請求項1乃至請求項6の何れかの発明において、第1感磁素子の一端、第2感磁素子の一端、及び負帰還励磁コイルの一端はグラウンドに接続されていることを特徴とする。外部端子の数を減少させることができ、検出装置の外部回路への接続が容易且つ簡便となる。

【0029】請求項14の発明は、請求項7乃至請求項12の何れかの発明において、一对の第1感磁素子の接続点、一对の第2感磁素子の接続点、及び負帰還励磁コイルの一端はグラウンドに接続されていることを特徴とする。外部端子の数を減少させることができ、検出装置の外部回路への接続が容易且つ簡便となる。

【0030】請求項15の発明は、請求項1乃至請求項14の何れかの発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子は、周回方向に磁気異方性を有することを特徴とする。周回方向に磁気異方性を有することで、外部磁場の検出感度を向上させることが可能となる。

【0031】請求項16の発明は、請求項15の発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子は、パルス電流に対して表皮効果を発生する素子であることを特徴とする。表皮効果を発生することで、電流が表面に拘束される結果、外部磁場によるパルス電流による磁化変調をより大きくすることができ、検出感度を向上させることができる。

【0032】請求項17の発明は、請求項15又は16の発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子は、アモルファス磁性体からなることを特徴とする。この構成により、周回方向の透磁率が軸方向の透磁率よりも大

くなるような磁気異方性を大きくすることが可能となる。

【0033】請求項18の発明は、請求項15又は17の発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子は、アモルファス磁性体からなるワイヤであることを特徴とする。この構成により、周回方向の透磁率が軸方向の透磁率よりも大くなるような磁気異方性を大きくすることが可能となる。

【0034】請求項19の発明は、請求項1乃至請求項18の何れかの発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子、第1検出コイル及び第2検出コイル、第1負帰還励磁コイル及び第2負帰還励磁コイルは、基板上に搭載されて、樹脂モールドで同一にパッケージされていることを特徴とする。この構成により、センサ部のみを個別素子として部品化することができ、回路基板への配設が容易となる。又、故障時には、この個別素子だけを交換すれば良いため、この個別素子を有した装置の保守が容易となる。

【0035】請求項20の発明は、請求項1乃至請求項19の何れかの発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子は基板上に形成された電極で両端が支持通電され、基板と第1感磁素子及び第2感磁素子との間を含み、第1感磁素子及び第2感磁素子の周囲がゲル状物質で覆われていることを特徴とする。ゲル状物質により第1感磁素子と第2感磁素子とを外部からの歪みが加わらないようにすることができる。特に、アモルファス磁性体の場合には、歪みによる検出精度の低下が問題となるが、この様にゲル状物質で回りを覆うことで、歪みが感磁素子に係ることが防止される。特に、樹脂モールドした場合には、樹脂の冷却過程で発生する応力が感磁素子にかかることになるが、ゲル状物質はこの歪みを吸収するので、感磁素子に係るのを防止することができる。ゲル状物質はソルがジェリー状に固化したものを意味する。例えば、シリコーンゲル、シリカゲル、エラストマ、ゼラチン等、一般的には、ヒドロゲル、リオゲル、弾性ゲル等のゲルを使用することができる。要は、弾性を吸収するような物質であれば良い。

【0036】請求項21の発明は、請求項1乃至請求項20の何れかの発明において、第1感磁素子は基板の表面に配設され、第2感磁素子は基板の裏面に配設されていることを特徴とする。このように第1感磁素子と第2感磁素子とを基板の表裏に配置することで、装置を小型化することが可能となる。又、第1感磁素子と第2感磁素子とを交差させることができることから、外部磁場の第1軸成分と第2軸成分の測定位置を接近させることができるため、正確な外部磁場の2成分を測定することが可能となる。

【0037】請求項22の発明は、請求項1乃至請求項21の何れかの発明において、第1感磁素子及び第2感磁素子を、両端で支持通電する電極に置いて、感磁素子

の上からアルミニウム又はアルミニウム合金を被せて、超音波ボンディングすることで、第1感磁素子及び第2感磁素子と電極とを接合することを特徴とする。感磁素子がアモルファス磁性体の場合には、加熱すると結晶化が起こるので、加熱接合はできなし、歪みに弱い。よって、感磁素子を超音波ボンディングにより電極へ接合することが望ましい。超音波ボンディングする場合には、感磁素子の上にアルミニウム又はアルミニウム合金を置いて、超音波ツールによって加圧することで、このアルミニウム又はアルミニウム合金が緩衝作用をして、感磁素子に歪みが印加されるのが防止される。又、感磁素子の表面に形成された酸化膜が超音波により剥離されて、アルミニウム又はアルミニウム合金に取り込まれる。この結果、アルミニウム又はアルミニウム合金と感磁素子との機械的接合及び電気的接合が良好に行われる。

【0038】請求項23の発明は、請求項22の発明において、電極は、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、錫、亜鉛、白金、マグネシウム、ロジウム、又は、これらの少なくとも1種を含む合金から成ることを特徴とする。電極をこれらの材料とすることで、感磁素子との超音波ボンディングによる強固な接合が可能となる。

【0039】請求項24の発明は、請求項23の発明において、電極は、表面層として、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる層を有することを特徴とする。この構成により、感磁素子の上に置かれるアルミニウム又はアルミニウム合金との接合性が良く、感磁素子を電極に強固に接合することが可能となる。

【0040】請求項25の発明は、請求項1乃至請求項24の何れかの発明において、磁場検出装置は、検出された第1軸磁場成分及び第2軸磁場成分とにより、磁場方位を検出する方位検出装置であることを特徴とする。第1軸磁場成分と第2軸磁場成分とから、方位検出が可能となる。即ち、第1軸、第2軸を水平面にとれば、水平面における方位が検出可能となる。

【0041】請求項26の発明は、請求項1乃至請求項25の何れかの発明において、第1軸及び第2軸は、相互に直交する軸であることを特徴とする。この構成により、第1軸磁場成分又は第2軸磁場成分が最大値をとる方位は相互に90度異なることから、方位検出精度が向上する。

【0042】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施の形態に基づいて説明する。本発明による磁場検出の基本的原理について説明する。図1はその原理を示した図である。線状の第1感磁素子10に第1軸(x軸)方向に電流Iを流す。すると、この電流により周回方向に磁場 H_r が生成される。この磁場 H_r により第1感磁素子10の磁気モーメントMが周回方向に向きを揃える。この電流Iが周波数 ω の交流電流であると、磁場 H_r は周波数 ω で振動し、磁気モーメントMも周波数 ω で振動することにな

る。このような交流電流Iを通電した状態で、直流又は周波数 ω より十分低い交流の外部磁場 H_x が第1軸方向に印加されたとする。すると、磁化ベクトルMは外部磁場 H_x の向きに傾斜し、磁化ベクトルMは第1軸方向に振動する成分を有することになる。このように磁化ベクトルMが交流電流Iに同期して第1軸方向に回転することになり、この結果、磁束密度の第1軸成分 B_x が時間的に変動することになる。この磁束密度 B_x の振幅は外部磁場 H_x の大きさに比例している。この磁束密度 B_x の時間変化率は、周波数 ω と磁束密度 B_x の振幅の積に比例し、第1検出コイル11の端子間電圧 E_1 で検出される。従って、この端子間電圧 E_1 により第1軸方向の外部磁場 H_x を決定することができる。

【0043】端子間電圧 E_1 は、電流Iの周波数 ω と外部磁場 H_x の積に比例していることから、周波数 ω を大きくすることで、検出感度を高くすることができる。本件発明では、望ましくは、このために供給電流Iをパルス電流としている。勿論、交流電流であっても良い。パルス電流であっても、上記の原理が成立することは容易に理解される。又、周波数 ω を高くすると表皮効果により感磁素子の表面にのみ電流が流れる結果、磁壁の移動が抑制されて、磁気ベクトルの回転のみを生じ、上記した現象が顕著となる。この意味においても、高周波成分を有するパルス電流を用いることが望ましい。このように、印加する電流は、パルス電流の他、パルス電流を含む概念の高周波電流でも良い。又、単一周期だけの電流を印加しても、繰り返し周期の電流を印加するようにしても良い。

【0044】このようにパルス電流を感磁素子に供給すると、検出コイルの端子間電圧 E_1 もパルス波形となるがこの波高値を検出することで、外部磁場を検出することが可能となる。尚、実際には、第1検出コイルにインダクタンス成分や浮遊容量が存在するので、パルス電流に対して検出信号は振動波形となる。従って、検出信号のうちの第1パルスのみを抽出して、その振幅から磁場を測定することが望ましい。

【0045】上記のように、本願発明は、第1軸方向に磁場成分が存在する時に、その軸の周回方向に沿って交流励磁すると、その磁場成分に比例した振幅で交流励磁と同一周波数の交流磁束密度を第1軸方向に生じる現象を用いたものである。

【0046】本発明では、特に望ましくは、第1感磁素子は、第1軸方向に線状に伸びたアモルファスワイヤが望ましい。アモルファス磁性体には、例えば、CoSiB系、FeCoSiB系、FeSiB系これらの合金等の磁性体を用いることができる。

【0047】図2に示すように、このような第1感磁素子10及び第1検出コイル11と同一構成の第2感磁素子を第1軸と異なる第2軸(y軸)方向に配置する。同様にパルス電流Iを第2感磁素子40に供給して、第2

検出コイル41の端子間電圧 E_2 を測定することで、第2軸磁場成分 H_y を測定することができる。この2つの軸の成す角を α とすると、外部磁場 H の第1軸と成す角

$$\theta = \tan^{-1} [(E_2/E_1 - \cos \alpha) / \sin \alpha] \quad \dots (1)$$

又、外部磁場 H の大きさは、次式で求められる。

$$H = H_1 / \cos \theta$$

【0049】第1軸と第2軸との成す角度 α を90度とすれば、

$$\theta = \tan^{-1} (E_2 / E_1) \quad \dots (2)$$

【数4】

$$H = (E_1^2 + E_2^2)^{1/2} \quad \dots (3)$$

【0050】第1軸磁場成分に関して、上記のようにパルス電流 I を流して、第1検出コイル11の出力する信号 E_1 の第1パルスの振幅 E_0 を外部磁場 H_x に関して測定すると、図3のようになる。

【0051】第1軸磁場成分検出系に関するより具体的な回路構成を示すと、図4のようになる。第1感磁素子10の周回方向に第1検出コイル11が巻回されている。第1感磁素子10は、例えば、線状の零磁歪アモルファス磁性体で構成される。具体的な寸法を示せば、長さ3mm、直径30 μ mである。又、第1検出コイルの巻き数は、1例であるが、40tである。発振器13は矩形波を発振する。発振器13は、より具体的にはC-MOSマルチバイブレータを用いることができる。この矩形波は微分回路14にて微分されて、抵抗 R_4 を介して第1感磁素子10に印加される。抵抗 R_4 は定電流を供給するための抵抗である。このような回路によりパルス電流 I が第1感磁素子10に供給される。パルス電流は、例えば、立ち上がり時間が約5nsである。

【0052】第1検出コイル10の一端aは、第1スイッチ15に接続されている。第1スイッチ15は、より具体的には、一例として、トランジスタから成るアナログスイッチを用いることができる。次に、第1スイッチ15を通過した信号は、第1信号処理回路16に入力する。この第1信号処理回路16は、一例として、コンデンサ C_4 と抵抗 R_5 とから成るピークホールド回路で構成することができる。この第1信号処理回路16により繰り返して検出されるパルス信号のピークがホールドされる。パルス電流を繰り返して供給し、パルス信号を繰り返して検出する場合には、このようにピークホールド回路の他、ピークに比例した量が検出されるならば、積分回路、平滑回路等を用いることが可能である。

【0053】第1検出コイル10は、インダクタンスと浮遊容量を有し、他の線路においてもインダクタンスと浮遊容量が存在する。従って、第1検出コイル10の検出する信号には、パルス電流にตอบสนองした単一パルスだけではなく、それに続く振動波形が含まれることになる。このため、パルス電流にตอบสนองした成分のみを抽出するために、第1スイッチ15が設けられている。又、第1検出コイル10の検出信号が出力されるタイミングと第1

θ は、次式で表される。

【0048】

【数1】

... (1)

【数2】

... (2)

【数3】

... (3)

... (4)

スイッチ15が完全にオンとなるタイミングとで位相同期をとるために、第1スイッチ15の制御信号に対して、第1感磁素子10に供給するパルス電流 I は約10ns遅延させている。要は、第1スイッチ15には、パルス電流にตอบสนองし、正確に外部磁場に比例した信号成分のみを通過させる期間だけオンとするように制御信号を印加すれば良い。

【0054】第1信号処理回路16の出力信号は第1負帰還回路17に入力している。第1検出コイル10の他端子bが差動増幅器171の反転入力端子に接続され、第1信号処理回路16の信号端子が差動増幅器171の非反転入力端子に接続されている。そして、差動増幅器171の出力端子は第1負帰還励磁コイル12に接続されている。この構成により、差動増幅器171の入力端子間電圧が零となるように、第1負帰還励磁コイル12に電流が流れることになる。即ち、第1感磁素子10を貫く外部磁場が零であれば、第1検出コイル11の検出信号も零となるから、第1負帰還励磁コイルは、結局、測定すべき外部磁場を打ち消す作用をする。第3図の特性において、負帰還をかけない状態では、A点の検出信号が出力されたとすると、このA点を原点とするに必要な電流が第1負帰還励磁コイル12に流れることになる。この負帰還電流はA点における外部磁場の大きさに比例するので、この差動増幅器171の出力信号を測定すべき磁場の大きさに比例した信号となる。このように測定点を図3の特性曲線における原点付近とすることで、より直線性の良い磁場測定が可能となる。

【0055】このような回路が第2軸磁場成分検出系についても同様に設けられている。回路構成は完全に同一である。尚、矩形波発振回路13と微分回路14とから成る発振装置は、第1軸磁場成分検出系とは別に独立に設けても、共通にしても良い。即ち、第1感磁素子と第2感磁素子に供給するパルス電流と、第1スイッチと第2スイッチを制御する信号とを共通の回路から供給するようにしても良い。

【0056】次に、第1感磁素子、第1検出コイル、第1信号処理回路、第1負帰還回路、第1負帰還励磁コイル等を一対用いて、同相雑音等を除去することで、より検出精度を向上させた検出装置について説明する。第1

軸磁場成分検出系について説明する。第1軸磁場成分が軸方向に同様に貫通するように、一对の第1感磁素子10a、10bは電氣的に並列に配置されている。機構的配置は後述するような並列配置でも直列配置でも良い。即ち、一对の第1感磁素子10a、10bの軸方向には同一の第1軸磁場成分が貫通していることが望ましく、平行な配置で位置的に接近していれば良い。

【0057】図5に示すように、一对の第1感磁素子10aと10bの接続点dはグランドに接続されており、それぞれの他端e、fからパルス電流が供給される。一对の第1負帰還励磁コイル12a、12bは、直列接続されており、共通の負帰還電流が流れて、一对の第1感磁素子10a、10bの内部磁場を零とするように機能する。即ち、それぞれの第1負帰還励磁コイル12aと12bは、外部磁場を打ち消す方向に巻かれている。一对の検出コイル11a、11bは、それぞれの第1感磁素子10a、10bの周囲に巻回されている。そして、第1スイッチ15aを通過する信号の極性と第1スイッチ15bを通過する信号の極性が反対となるように、各検出コイル11a、11bの一方の端子に第1スイッチ15a、15bが接続されている。即ち、第1検出コイル11a、11bによる起電力 E_{a1} 、 E_{a2} の向きが図5に示す向きとなるように、回路が配置されている。差動増幅器171の反転入力端子には第1信号処理回路16aの出力信号 G_{a1} が入力し、第1信号処理回路16bの非反転入力端子には出力信号 G_{b1} が入力している。よって、この差動増幅器171は、 $G_{b1} - G_{a1} = E_{b1} - (-E_{a1}) = E_{b1} + E_{a1}$ が零となるように、負帰還電流を一对の第1負帰還励磁コイル12a、12bに供給する。従って、それぞれの第1検出コイル10a、10bの検出信号 E_{a1} 、 E_{b2} のそれぞれが零となるように、負帰還電流が第1負帰還励磁コイル12a、12bに供給されることになる。従って、前述した場合と同様に図3の特性曲線の原点付近で外部磁場を測定することができるので、直線性が良く、検出精度が向上する。

【0058】一方、差動増幅器171に入力する2つの信号に含まれる同相成分は相殺される。その結果、検出信号に含まれる同相成分は、負帰還電流に影響を与えない。同相成分は、雑音、温度変化に伴うドリフト成分等である。よって、これらの同相外乱が除去されて測定されるために検出精度が向上する。

【0059】第2軸磁場成分検出系についても、第1軸磁場成分検出系と全く同様に構成されている。発振装置18は、図5に示すように、一对の第1検出コイル10a、10bに対して共通に設け、さらに、第1軸系と第2軸系とで共通に設けても良い。勿論、第1軸系と第2軸系とで、独立に設けても、一对の第1又は第2検出コイルのそれぞれに別々に供給しても良い。

【0060】次に、磁場検出装置の機構的な構成について説明する。図6に示すように、第1感磁素子10aが

基板30aの上に配置されている。基板30aの上には、電極31a、32aが配設されており、その上に第1感磁素子10aが両端を支持通電されるようにして配設されている。この第1感磁素子10aは電極31a、32aに対してアルミニウム33a、34aを用いて、超音波ボンディングで接合されている。

【0061】以下、図6に示すような個片素子100を形成する方法について詳述する。先ず、平板状のセラミックス、PCB樹脂、シリコン等のいずれかから成る基板の表面に銅を蒸着する。基板は絶縁性が望ましく、少なくとも電極形成部は絶縁されている必要がある。そして、フォトリソグラフィ工程を経て、電極31a、32aを残すようにエッチングを行う。このようにして、多数の感磁素子10aが配置可能な基板が得られる。次に、感磁素子10aを基板上の電極31a、32a上に配置して、図7に示すように、その上からアルミニウム又はアルミニウム合金から成るプレート33aを配置して、上からボンディングツール90で加圧して、超音波振動を発生させて接合させる。この時、プレート33a、第1感磁素子10a、電極31aのそれぞれが相互に接続される。その後、プレート33aを切断することで、1つの電極に対する第1感磁素子10aの接合が完了する。このように、1枚の基板上において、多数の感磁素子を、順次、配置して超音波接合を行う。次に、この基板を図6に示すような短冊形状に分離する。

【0062】電極31aの材料は感磁素子10aと超音波接合が可能な材料で導電性有ればなんでも良い。例えば、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、錫、亜鉛、白金、マグネシウム、ロジウム、又は、これらの少なくとも1種を含む合金が望ましい。又、図7に示すように、電極31aの表面にはアルミニウム又はアルミニウム合金から成る層311aが形成されていても良い。この層3の形成は、アルミニウム又はアルミニウム合金プレートを電極31aの上に置き、その上に感磁素子10a置いて、さらにアルミニウム又はアルミニウム合金から成るプレート33aを置いて、超音波ボンディングを行うことで形成することができる。即ち、感磁素子10aを上下から挟む材料がアルミニウム又はアルミニウム合金とすることで、機械的接合及び電氣的接触を完全なものとする事ができる。さらに、電極31aの上にアルミニウム又はアルミニウム合金を蒸着又はメッキしてから、接合させるようにしても良い。尚、電極31a、32aは、後述する配線膜やリードピンと電気接続するためのワイヤボンディングのランドとなる。

【0063】超音波ボンディングを用いる理由は、感磁素子として、アモルファス磁性体、特に、アモルファスワイヤを用いているために、加熱によるハンダ接合は、結晶化が起こるために使用できないためである。又、アモルファス磁性体は表面が酸化されており、ハンダ接合ができない。超音波ボンディングのろうとして、アルミ

ニウム又はアルミニウム合金を用いると、機械的接合が強固となり電氣的接触が良好となることが本発明者により初めて発見された。アモルファスワイヤの表面酸化膜が超音波振動により剥離され、還元元素であるアルミニウムと結合して、容易にアルミニウムプレートに取り込まれる。この機構により電氣的接触と機械的接合が良好となると考えられる。又、アルミニウム又はその合金からなるプレート33aをアモルファスワイヤから成る感磁素子10aの上に設けることで、ボンディングツール90の接触時の衝撃力が感磁素子10aに直接伝達することが阻止される。即ち、プレート33aは緩衝作用をし、超音波ボンディング時に感磁素子10aに応力歪みが発生させることが防止される。

【0064】次に、図6に示す個片素子100において、第1感磁素子10aの周囲をゲル状物質35a(図6、図10図示)で覆う。即ち、第1感磁素子10aと基板30aとの間、及び、第1感磁素子10aの上部空間をゲル状物質で覆う。このゲル状物質で第1感磁素子10aを覆う理由は、第1感磁素子10aに応力が印加されないようにして、第1感磁素子10aの内部に応力を発生させないようにすることである。第1感磁素子10aはアモルファスワイヤで構成されているので、磁氣的性質が歪みの影響を受け易い。この応力は、後述するようにモールド成形する時に、樹脂が硬化するときの収縮により発生する。この応力がゲル状物質35aで吸収されて、第1感磁素子10aには印加されない。このようにすることで、検出精度を向上させることができる。ゲル状物質35aにはシリコーンゲルを用いたが、シリカゲル、エラストマ、ゼラチン等の弾性ゲルを用いることができる。

【0065】次に、図6に示す個片素子100に対して、図10に示すように、第1検出コイル11aと第1負帰還励磁コイル12aの巻かれたボビン80aの中心空間に個片素子100を挿入して、ボビン80aと基板10aとを接合する。次に、この個片素子100を内在したボビン80aを図9に示すように平板状のセラミクス基板81に接合する。同様に、第1検出コイル11bと第1負帰還励磁コイル12bの巻かれたボビン80bの中心空間に個片素子を挿入して、ボビン80bと基板10bとを接合して、このボビン80bをセラミクス基板81に接合する。この時、第1感磁素子10aと10bとが第1軸(x軸)方向に平行となるように配置する。尚、コイルのボビンへの巻き付けは、第1検出コイル11aと第2負帰還検出コイルと2本を同時に巻けば良い。即ち、同じ方向に同時に巻くことで、製造が簡単となる。勿論、別々に、同一方向、又は、異なる方向に巻いてもかまわない。同一方向か逆方向に巻くかは、検出信号の取り出し端子を逆にするか否かの問題であり、巻回方向は任意である。

【0066】同様に、図5に示す一対の第2感磁素子4

0a、40bについても同様に個片素子を形成し、一対の第2検出コイル41a、41b、一対の第2負帰還励磁コイル42a、42bの巻かれた一対のボビン84a、84b(図10)を形成する。そして、個片素子を内在したボビン84a、84bをセラミクス基板82に固定する。この時、一対の第2感磁素子40a、40bは、第1軸と直交する第2軸(y軸)に平行となるように配置される。

【0067】セラミクス基板81上には、図8に示すように、配線膜81が蒸着されており、一対の第1感磁素子10a、10b、一対の第1検出コイル11a、11b、一対の第1負帰還励磁コイル12a、12bとの電気接続がワイヤボンディング又はハンダ接合によって成されている。又、セラミクス基板81の各配線膜81と各リードピン93との電氣的接続は、スルーホールによるハンダ接合や、ワイヤボンディング等により行われている。リードピン93は、一対の第1感磁素子10a、10bにパルス電流を供給する2本のピン、一対の第1検出コイル11a、11bからそれぞれの検出信号を出力する4本のピン、一対の第1負帰還励磁コイル12a、12bに電流を供給する1本のピンと、グランドピンの合計8本のピンで構成されている。このように一対の第1感磁素子10a、10bの接続点と、第1負帰還励磁コイル12aと第1負帰還励磁コイル12bとの直列接続の一端とをグランドとしていることから、ピンの数を減少させることができる。第2検出系についても全く同様である。

【0068】図8、図9のように、組み立てた後、樹脂モールド成形を行う。そして、図9のモールド95が形成されて、リードフレームの枠を切断して、リードピン93を曲げ加工することで、図9のようなモールドICの形状をした検出装置が製造される。

【0069】以上、発明の実施の形態を示したが、他に様々な変形例が考えられる。第1軸磁場成分検出装置と第2軸磁場成分検出装置とを基板の表面と裏面とにそれぞれ配置したが、同一面であっても良い。又、一対の感磁素子を平行に配置しているが、直線上に配置しても良い。又、基板の表裏に配置した場合には「+」字形状に配置されているが、同一面に配置した場合には「T」字形状等の配置が考えられる。さらに、モールド成形については、一対の感磁素子を有する補償型の検出装置について述べたが、図4に示す補償型でない検出装置に関してもモールド成形により検出装置を構成しても良い。又、モールドの他、他のパッケージング方法を用いても良い。又、感磁素子、検出コイル、負帰還励磁コイルから成るセンサ部だけモールド成形しているが、さらに、図4、図5に示す回路部をICチップとし、センサ部とICチップとを共にモールド成形して、検出装置全体をモールドICとしても良い。同様に他のパッケージング方法を用いるならば、検出装置全体を個別IC素子とするこ

とも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を示した説明図。

【図2】本発明による方位検出の原理を示した説明図。

【図3】本発明により検出される外部磁場と検出信号との関係を示した特性図。

【図4】本発明の一実施形態を示した磁場検出装置の回路図。

【図5】本発明の他の実施形態の補償型の磁場検出装置を示した回路図。

【図6】感磁素子を搭載した個片素子の構造を示した構造図。

【図7】感磁素子と電極との接合部分を示した断面図。

【図8】検出装置を組み立てた様子を示した平面図。

【図9】検出装置を組み立てた様子を示した側面図。

【図10】検出装置を組み立てた様子を示した斜視図。

【符号の説明】

10…感磁素子

10a, 10b…第1感磁素子

11…第1検出コイル

12…第1負帰還励磁コイル

13…矩形波発振器

14…微分回路

15…第1スイッチ

16…第1信号処理回路

17…第1負帰還回路

30a…基板

31a, 32a…電極

33a, 34a…プレート

35a…ゲル状物質

40…第2感磁素子

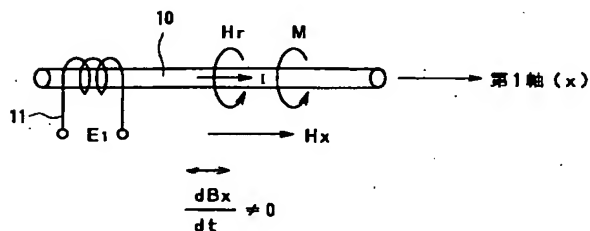
40a, 40b…第2感磁素子

41a, 41b…第2検出コイル

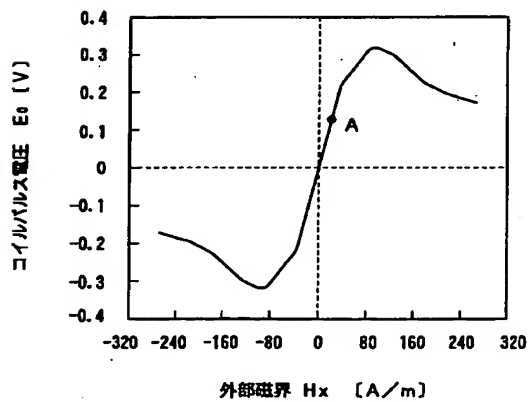
42a, 42b…第2負帰還励磁コイル

95…モールド

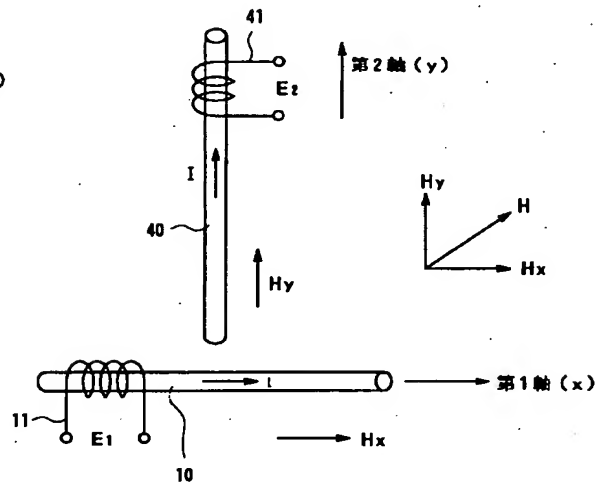
【図1】



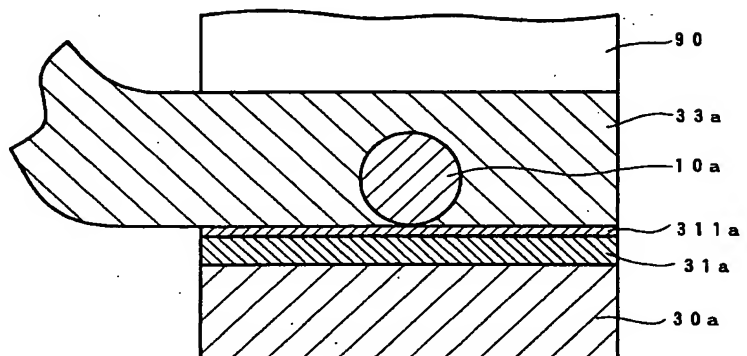
【図3】



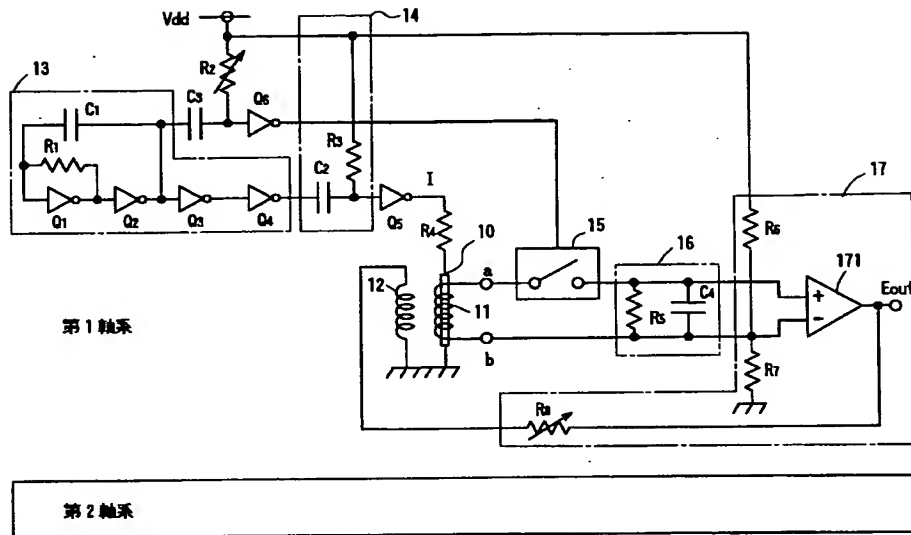
【図2】



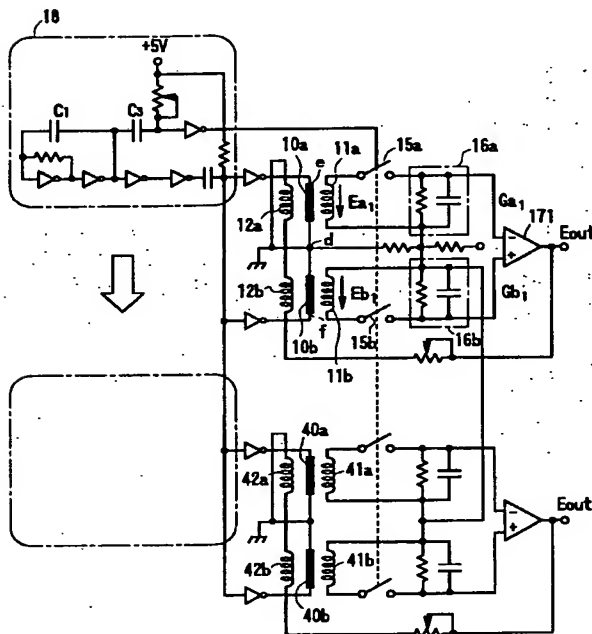
【図7】



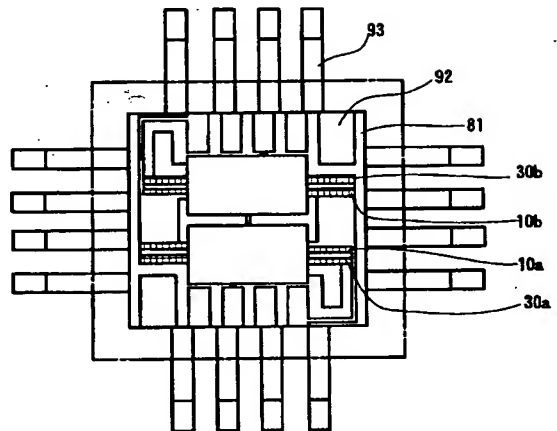
【図 4】



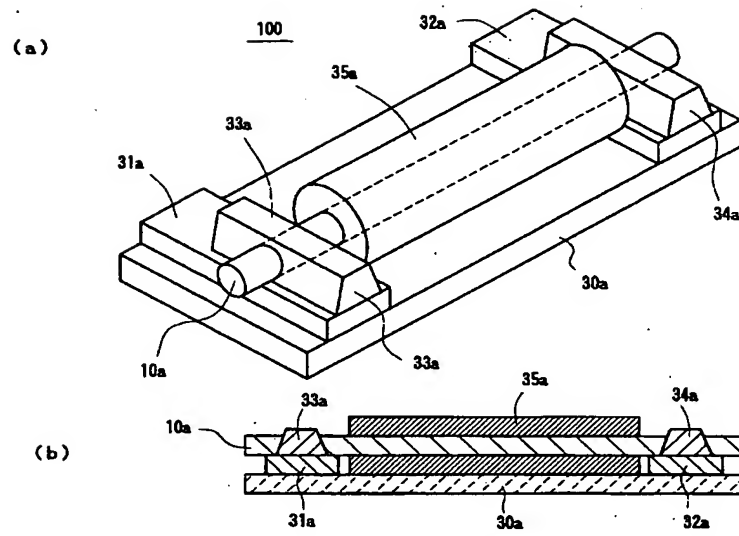
【図 5】



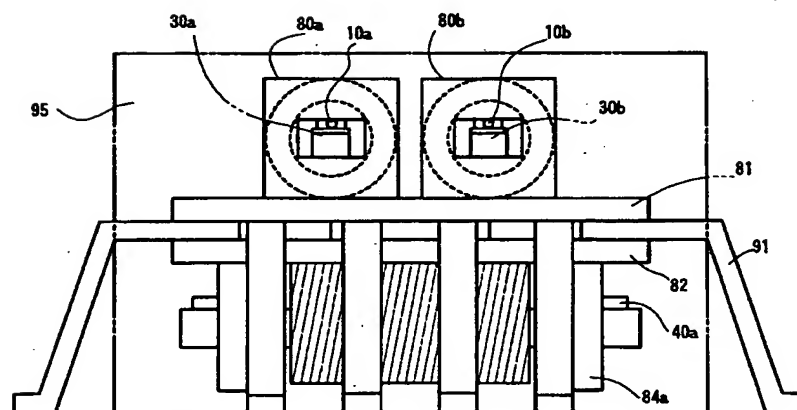
【図 8】



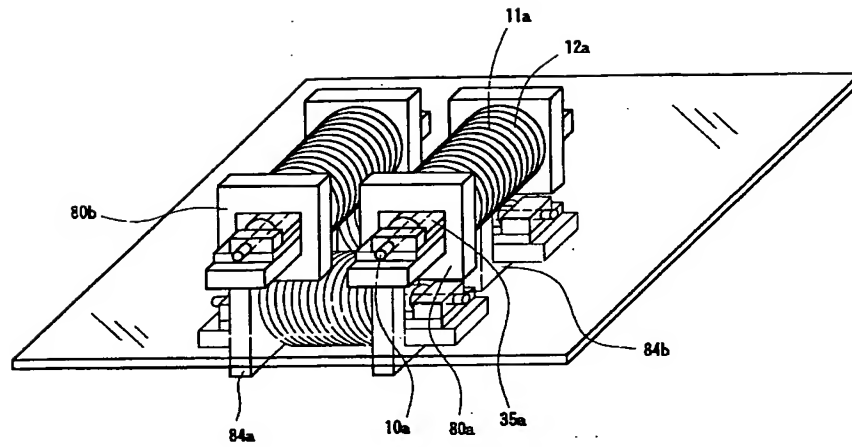
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 本蔵 義信
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製
鋼株式会社内

(72)発明者 山本 道治
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製
鋼株式会社内

(72)発明者 毛利 佳年雄
愛知県名古屋市天白区島田黒石1213番地
Fターム(参考) 2G017 AA16 AB09 AD69 BA03 BA05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)